

LES EAUX D'ALIMENTATION DE LA SALVETAT - SUR - AGOUT

(Hérault)

Leurs propriétés radioactives

THÈSE

Présentée et publiquement soutenue devant la Faculté de Pharmacie de Montpellier

Le 12 Mars 1936

PAR

A. SALVETAT

LAURÉAT DE LA FACULTÉ DE PHARMACIE
LICENCIÉ ÈS-SCIENCES

POUR OBTENIR le GRADE de DOCTEUR de L'UNIVERSITÉ
(Mention : Pharmacie)

JURY :

MM. ASTRUC, prof., doyen, *président*.
FAUCON, professeur. }
MOUSSERON, professeur. } *assesseurs*.

MONTPELLIER
IMPRIMERIE MARI-LAVIT
1, Rue de Sauvages

1936

LES EAUX D'ALIMENTATION
DE LA
SALVETAT - SUR - AGOUT
(Hérault)

Leurs propriétés radioactives

THÈSE

Présentée et publiquement soutenue devant la Faculté de Pharmacie de Montpellier

Le 12 Mars 1936

PAR

A. SALVETAT

LAURÉAT DE LA FACULTÉ DE PHARMACIE
LICENCIÉ ÈS-SCIENCES

POUR OBTENIR le GRADE de DOCTEUR de L'UNIVERSITÉ
(Mention : Pharmacie)

JURY :

MM. ASTRUC, prof., doyen, *président.*

FAUCON, professeur.

MOUSSERON, professeur.

} *assesseurs.*

MONTPELLIER
IMPRIMERIE MARI-LAVIT
1, Rue de Sauvages

1936

Faculté de Pharmacie de Montpellier

ADMINISTRATION

MM.

N.	Doyen.
A. JUILLET (I. P. ☉)	Assesseur.
LEBLAYE (A. ☿)	Secrétaire.

PROFESSEURS

MM.

A. ASTRUC (O. ✱, I. P. ☿)	Pharmacie galénique et industrielle.
C. HOLLANDE (I. P. ☿)	Zoologie et microbiologie.
A. JUILLET (I. P. ☿)	Botanique et matière médicale.
A. FAUCON (O. ✱, I. P. ☿, ☿, C. ☿, G. O. ☿)	Pharmacie chimique.
E. CANALS (I. P. ☿)	Physique.
M. MOUSSERON	Chimie organique.
N.	Chimie minérale.

DOYEN HONORAIRE

M. G. MASSOL (✱, I. P. ☿, ☿)

PROFESSEUR HONORAIRE

M.

F. JADIN (O. ✱, I. P. ☿), Doyen hon. de la Faculté de Pharmacie de Strasbourg

CHARGÉS DE COURS

MM.

A. ASTRUC (O. ✱, I. P. ☿)	Hydrologie.
C. HOLLANDE (I. P. ☿)	Zoologie.
A. JUILLET (I. P. ☿)	Botanique.
A. FAUCON (O. ✱, I. P. ☿, ☿, C. ☿, G. O. ☿)	Fonctions en chimie organique.
M. MOUSSERON	Chimie biologique.
P. JAULMES	Analyse
N.	Toxicologie.
Moye, Doyen honoraire Faculté de Droit (✱, I. P. ☿)	Législation pharmaceutique.

AGRÉGÉ

N. chargé d'Agrégation

CHEF DES TRAVAUX PRATIQUES

L. FARRÉ (I. P. ☿)	Chimie et Pharmacie.
DAUBIAN DELISLE (✱, I. P. ☿)	Physique.
SUSPLUGAS	Histoire naturelle.

NOTA. — La Faculté de Pharmacie n'accepte la responsabilité d'aucune des opinions émises par les candidats dans les Thèses ou Synthèses qui sont présentées.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

A MON CHER ET REGRETTE MAITRE
MONSIEUR LE PROFESSEUR P.-I. TARBOURIECH

*Professeur de Chimie organique
à la Faculté de Pharmacie de Montpellier
Chevalier de la Légion d'Honneur*

Bien faible témoignage de mon respectueux souvenir et de ma profonde gratitude.

A MON PRESIDENT DE THESE
MONSIEUR LE PROFESSEUR ASTRUC
Correspondant national de l'Académie de Médecine
Officier de la Légion d'Honneur

A MONSIEUR LE PROFESSEUR FAUCON
Officier de la Légion d'Honneur

A MONSIEUR LE PROFESSEUR MOUSSERON

A TOUS MES MAITRES
DE LA FACULTE DE PHARMACIE

Témoignage de ma profonde reconnaissance.

A. S.

MEIS ET AMICIS

A. S.



Digitized by the Internet Archive
in 2026

AVANT-PROPOS

L'analyse physicochimique des eaux figure au premier plan des divers travaux qu'il nous fut permis d'exécuter au cours de notre long séjour dans le laboratoire de Chimie Organique à la Faculté de Pharmacie de Montpellier.

A ce sujet, il nous parut intéressant d'entreprendre, lors de nos diverses analyses d'eaux domestiques, la détermination de certains caractères physiques, habituellement réservée, d'une façon plus spéciale, à l'étude des eaux minérales.

Dans cet ordre d'idées, la mesure de la radioactivité nous a paru digne de figurer dans l'analyse des eaux de source, attendu qu'il s'agit là d'une propriété constante quoique d'intensité fort variable. Certains sont allés jusqu'à considérer cette propriété comme la cause probable de l'activité thérapeutique de certaines eaux minérales dont la composition chimique ne semblait pas suffire à justifier les propriétés curatives.

Or, dès le mois d'avril 1931, Monsieur le Professeur TARBOURIECH, étudiant les eaux d'alimentation de Langogne, en Lozère, y découvrait une radioactivité

des plus notables, démontrant du même coup qu'une telle propriété n'était point l'apanage des seules eaux minérales mais que bien des eaux domestiques considérées jusque-là comme banales pouvaient présenter, et parfois à un très haut degré, ce caractère radioactif.

Il ne fait d'ailleurs aucun doute qu'il s'agit là d'un caractère qui est en rapports étroits avec l'origine et la structure géologique des terrains qui constituent les lits successifs d'une source. Dans une communication à la Société Chimique de France (31), Monsieur le Professeur TARBOURIECH et son préparateur, Monsieur CASSAGNE, exposaient comment la seule analogie qu'ils avaient remarqué entre les terrains où jaillit la source lozérienne et ceux qui avoisinent l'agglomération de la Salvetat-sur-Agoût, les avait amenés à découvrir dans les eaux de cette dernière, une radioactivité telle, que cette localité apparaît, à ce point de vue, comme une des plus favorisées du département de l'Hérault.

Au cours de l'été 1933, nous eûmes connaissance de certains travaux envisagés par la municipalité de l'endroit, en vue de procéder à de nouveaux captages d'eaux.

Cette circonstance particulière nous incita à poursuivre plus avant l'étude des propriétés radioactives de ces eaux, à en entreprendre, d'autre part, l'analyse complète : chimique, physique et bactériologique.

Ce sont ces résultats que nous avons consignés dans cet ouvrage ainsi qu'un bref exposé des méthodes et appareils utilisés pour nos recherches.

Au préalable, nous avons cru devoir nous livrer à une étude géologique assez approfondie des terrains qui constituent le territoire d'alimentation des eaux de La Salvetat.

.....

Ce travail met un terme à notre vie d'étudiant ; il couronne un séjour de cinq années dans ce laboratoire de Chimie Organique que nous quittons, maintenant, le cœur empli d'émotion et de regret.

Dès le seuil de nos études, nous eûmes la bonne fortune d'y être accueilli avec une bienveillance toute paternelle par Monsieur le Professeur TARBOURIECH. C'est à son intelligence, à sa patience jamais démentie, à ses conseils éclairés que nous devons d'avoir pu présenter aujourd'hui cet ouvrage.

Quelle n'eut pas été sa satisfaction de pouvoir considérer aujourd'hui la soutenance de cette thèse qui était un peu son œuvre et comme le couronnement d'une cordiale et affectueuse collaboration de cinq ans. La mort, hélas ! ne l'a point permis : le professeur TARBOURIECH a été prématurément enlevé à l'affection des siens, de ses collègues, de ses étudiants, à l'heure même où, après une carrière toute de labeur et de bonté, il pouvait enfin prétendre à une vie plus douce, consacrée à son foyer et à l'éducation d'un jeune fils qui était sa joie.

A ce maître regretté, qui sut guider avec bonheur nos premiers pas d'étudiant, nous avons tenu à dédier cet ouvrage, émanation de ses conseils, témoignage bien faible mais sincère de notre immense gratitude.

A Monsieur le Professeur ASTRUC, qui a bien voulu accepter la présidence de notre jury, nous exprimons du fond du cœur notre entière reconnaissance pour l'aide précieuse que nous avons pu trouver auprès de lui.

Que Monsieur le Professeur FAUCON, qui nous donne, aujourd'hui, une preuve nouvelle de son attachement, reçoive ici l'expression de notre gratitude.

Que Monsieur le Professeur MOUSSERON, dont la présence nous honore, veuille bien accepter nos plus sincères remerciements pour l'affectueuse sympathie qu'il n'a cessé de nous témoigner au cours de nos études.

A tous nos Maîtres de la Faculté, auxquels nous sommes redevables de notre formation scientifique, nous tenons à apporter ici un dernier hommage, celui de notre affectueuse reconnaissance et de notre sincère attachement.

PREMIERE PARTIE

**ETUDE GEOGRAPHIQUE
ET GEOLOGIQUE**

CHAPITRE PREMIER

LA SALVETAT-SUR-AGOUT NOTIONS GEOLOGIQUES ET PARTICULARITÉS HYDROGRAPHIQUES

La commune de la Salvetat se répartit en de nombreux hameaux et villages, sur un vaste territoire d'altitude élevée (600 mètres en moyenne), dans la partie Nord-Ouest du département de l'Hérault. L'ensemble de la population s'élève à près de 2.000 âmes.

Le siège même de la commune porte le nom de la Salvetat-sur-Agoût, pittoresque village aux toits d'ardoise, juché sur un éperon rocheux que ceinture la torrentielle rivière. Sa population est de 700 habitants, auxquels s'ajoutent, durant les deux mois d'été, un nombre à peu près égal de touristes.

La Salvetat est située, en effet, à 675 mètres d'altitude, dans la haute vallée de l'Agoût, dont le pittoresque, le charme d'une végétation des plus riantes

et la fraîcheur du climat attirent bien des visiteurs fuyant, en été, les plaines chaudes de l'Hérault et de l'Aude.

La vallée de l'Agoût est ici constituée par les *gneiss* bien connus des monts de l'Espinouze. Cette roche, d'origine éruptive, contient les mêmes éléments que le *granite* et s'altère aussi facilement que lui. Les variations atmosphériques, les gelées, le vent et la neige que prodigue à ces hauts plateaux un climat des plus rigoureux, au cours d'hivers particulièrement longs, désagrègent la roche. Les pentes de la vallée et celles qui s'y greffent, les plateaux ou les coteaux élevés qui les dominent, sont couverts d'une épaisse couche de terre meuble, d'une « *arène* », disent les géologues, qui n'est autre que le produit de la décomposition du *gneiss*.

On ne voit affleurer la roche compacte, le *gneiss* lui-même que sur certains pics proéminents, sur les berges des torrents et dans les coupures profondes pratiquées par l'érosion tout au long de certains cours d'eau.

« Partout, l'*arène* règne en maître, non seulement » autour de la Salvetat, mais au loin même, sur le » vaste massif de l'Espinouze, qui est comme le socle » de cette région de terrains primaires que les géologues (3) désignent sous le nom de Montagne » Noire ».

Cette *arène* est constituée d'une argile où se trouvent associés de nombreux débris de quartz, de feldspaths et d'innombrables paillettes de mica. Les uns comme les autres constituent les silicates essentiels des roches acides, dites éruptives, au nombre desquelles figurent précisément les granites et les *gneiss*. Monsieur le Professeur BLAYAC (3), explique de la

façon suivante le mécanisme de formation de cette
« arène granitique ».

« De tous les éléments qui entrent dans la composition du gneiss : quartz, feldspaths et micàs, les micàs et surtout les feldspaths sont seuls sujets à se décomposer sous l'influence des eaux chargées d'acide carbonique. *

« Les racines des plantes et certaines bactéries qui vivent à la surface du sol dégagent aussi des acides, surtout de l'acide carbonique qui contribuent à la décomposition des feldspaths.

« Ceux-ci sont des silicates doubles, d'alumine et de potasse (orthose) ou d'alumine et de soude (albite) ou d'alumine et de soude et de chaux.

« L'acide carbonique libère le silicate d'alumine insoluble appelé argile, et transforme les autres silicates en carbonates, puis en bicarbonates qui sont entraînés au loin par les eaux de ruissellement à l'état de bicarbonates de potasse, de soude et de chaux.

« Les micàs qui sont des silicates ferromagnésiens renferment aussi un peu d'alumine, de potasse et de soude ; ils fournissent aussi, par le même jeu de décomposition que celui des feldspaths, du silicate d'alumine insoluble.

« Il en résulte la constitution d'une terre dont le silicate d'alumine est la partie dominante et à laquelle sont associés de nombreux débris de feldspaths et de micàs en voie d'altération, ainsi que de très nombreux cristaux de quartz, minéral que l'on sait insoluble. Ces derniers sont à l'état de gros grains ou de sables plus ou moins fins, suivant le cheminement imposé à cette terre sous l'empire des eaux de ruissellement ».

L'arène granitique ainsi constituée est un milieu

faiblement perméable, qui, cependant, à la longue, s'imbibe et se sature d'eau qu'elle rend de ci, de là, en une infinité de sourcettes.

Il est évident qu'un tel état de choses ne peut avoir qu'une heureuse influence sur le développement de la végétation. L'arène « gorgée d'eau comme une éponge », favorise les cultures des prés, celles des céréales et des fruitiers ; on voit également, aux environs de la Salvetat, quelques bocages et même de fort belles forêts.

Mais on est surpris, dès l'abord, quand on visite pour la première fois cette région si riante, si arrosée, recouverte de neige des semaines entières, de n'y point voir de sources importantes. C'est là une particularité hydrographique qui n'a pas manqué d'attirer notre attention, en raison de ses répercussions possibles sur l'économie du pays.

Les montagnes des alentours atteignent de 1.000 à 1.100 mètres alors que la Salvetat, au centre de la cuvette, n'est qu'à 675 mètres d'altitude. Sur ces monts élevés, l'hiver, avons-nous dit, est des plus rigoureux, les précipitations d'eau et de neige y sont très abondantes. A première vue, il semblerait qu'au sein de ces montagnes, de grandes masses d'eau devraient s'emmagasiner pour resurgir en sources abondantes au pied des pentes. Il n'en est rien, cependant, pour la raison énoncée plus haut, parce que l'arène superficielle, largement argileuse, retient les eaux, empêchant ainsi toute pénétration massive dans les profondeurs du sous-sol. De minces filets d'eau se font jour de loin en loin, mais il n'y a pas une seule source à fort débit aussi bien dans les parties basses que dans les parties hautes de la vallée.

Toutes les recherches entreprises pour obtenir des jaillissements importants, susceptibles d'assurer une

alimentation en eau, abondante et permanente, sont demeurées vaines. Bien des hameaux et villages de ce haut pays souffrent du manque d'eau. La Salvétat est un peu dans ce cas ; son mode d'alimentation est des plus précaires dès que surviennent les fortes chaleurs, et cette pénurie est d'autant plus pénible à constater que l'on se trouve dans un pays où la fraîcheur du climat, la brillante végétation et les verts pâturages, signes évidents d'une abondance d'eau ne manquent pas d'attirer les touristes en grand nombre.

Nous avons cru devoir exposer, dans ce premier chapitre, l'origine géologique, la structure et le mécanisme de formation des terrains qui constituent le territoire de la Salvétat-sur-Agoût. Nous y trouverons, par la suite, l'explication de bien des particularités que révèle l'analyse de ses eaux, la raison aussi de leur faible débit à l'époque des grosses chaleurs.

Cette dernière particularité pose, à n'en pas douter, au double point de vue de l'économie domestique et de l'hygiène, un problème des plus délicats que la municipalité de l'endroit s'applique à résoudre avec la plus louable assiduité.



DEUXIEME PARTIE

**ANALYSE CHIMIQUE DES EAUX
DE LA SALVETAT**

CHAPITRE PREMIER

DESCRIPTION DES METHODES D'ANALYSES UTILISÉES

Au cours de nos travaux relatifs à l'analyse chimique des eaux de la Salvetat-sur-Agoût, nous n'avons jamais cessé d'utiliser des méthodes classiques ayant déjà fait leurs preuves depuis longtemps dans le domaine de l'analyse des eaux domestiques et minérales.

Nous résumons ici, brièvement, les méthodes relatives à chacune des déterminations auxquelles nous nous sommes livrés.

DEGRE HYDROTIMETRIQUE. — Cette mesure permet d'évaluer la dureté d'une eau, c'est-à-dire la quantité de sels terreux qu'elle renferme. Nous avons déterminé pour chacun des échantillons prélevés :

1° Le degré hydrotimétrique total.

2° Le degré hydrotimétrique permanent, c'est-à-dire après ébullition de l'eau pendant une demi-heure, le

liquide restant étant ensuite ramené à son volume initial par addition d'eau distillée. Pour ces mesures, on utilise une liqueur alcoolique de savon, préalablement dosée à l'aide d'une solution de chlorure de Baryum à 0,55 0/00.

EXTRAIT SEC A 120°. — On opère sur 1.000 centimètres cubes d'eau, mesurés dans un ballon jaugé, que l'on met à évaporer au bain-marie dans une capsule de platine préalablement tarée. L'extrait résiduel est séché à l'étuve à 120° jusqu'à poids constant. La capsule est à nouveau tarée : la différence de poids donne l'extrait sec à 120°.

RESIDU AU ROUGE. — La capsule de platine renfermant le résidu est chauffée au rouge pendant près d'un quart d'heure, en évitant de trop chauffer. On recarbonate les cendres en humectant les parois de la capsule avec une solution de carbonate d'ammoniaque. On porte au bain-marie. Après évaporation, on calcine légèrement avec précaution, puis on laisse refroidir à l'air sec et l'on pèse. Par différence avec la première tare, on a le poids du résidu au rouge.

DOSAGE DE LA SILICE, FER ET ALUMINE. — Ces trois éléments sont dosés globalement sur l'extrait sec que l'on traite dans la capsule par 2 centimètres cubes d'acide chlorhydrique pur, ajouté goutte à goutte sur les bords de la capsule. La silice est insolubilisée à l'état de SiO_2 . Après demi-heure de repos, on additionne d'eau distillée chaude, puis de 10 centimètres cubes d'une solution de chlorure ammonique que l'on porte à l'ébullition dans la capsule. On verse de l'ammoniaque jusqu'à obtention d'un milieu franchement ammoniacal, ce dont on

s'assure en vérifiant que quelques gouttes d'orangé Poirier donnent une coloration jaune. Dans ces conditions le fer et l'aluminium sont précipités à l'état d'oxydes. Le précipité est recueilli sur un filtre Berzélius, lavé, séché à l'étuve, calciné et pesé. On a la somme silice, fer et alumine.

DOSAGE DU CALCIUM. — Dans le filtrat qui provient du dosage précédent, on dose le calcium que l'on précipite à l'état d'oxalate de calcium à l'aide d'une solution d'oxalate d'ammonium. Ce précipité est recueilli, puis lavé, redissous enfin dans l'acide sulfurique au 1/5. L'acide oxalique, ainsi déplacé, est titré par manganimétrie au moyen d'une solution de permanganate de potassium dont chaque centimètre cube correspond à un milligramme de Cao.

DOSAGE DU MAGNESIUM. — Dans le filtrat qui provient du dosage ci-dessus, on précipite le magnésium sous forme de phosphate ammoniaco-magnésien. Après avoir lavé et séché celui-ci, on le calcine, puis on pèse le pyrophosphate de magnésium résiduel.

DOSAGE DU SODIUM ET DU POTASSIUM. — Le dosage du sodium à l'état de cation présente un intérêt certain pour les eaux fortement minéralisées et très riches en chlorures, qui ne sont pas toujours, comme on pourrait le croire, du chlorure de sodium. Il peut en effet, arriver que le chlorure de calcium excède le chlorure de sodium et l'on ne manquerait pas, dans ce cas, si l'on exprimait en Na Cl la totalité des chlorures, de trouver une somme des éléments dosés supérieure à l'extrait sec. Mais les eaux de la Salvétat sont d'origine granitique et, par suite, très

peu minéralisées. D'autre part, le taux des chlorures y est très faible. Dans ces conditions, le dosage du sodium à l'état de cation serait superflu : nous avons donc pensé pouvoir le négliger tout comme l'élément potassium.

DOSAGE DE L'AMMONIAQUE. 500 centimètres cubes d'eau sont distillés dans l'appareil d'Aubin, en présence de magnésie légère calcinée et de pierre ponce. On recueille le $\frac{1}{5}$ du volume d'eau mis dans l'appareil. Sur ce distillat, on dose l'ammoniaque colorimétriquement, par le réactif de Nessler, en utilisant comme témoin une solution de $\text{NH}^4 \text{Cl}$, à 3.147 grs par litre et contenant 0,001 de NH^3 par centimètre cube. De préférence, on dilue cette solution au $\frac{1}{10}$ pour le titrage. Les résultats s'expriment en NH^3 .

DOSAGE DE L'AZOTE ALBUMINOÏDE. — Il s'effectue sur le résidu de la distillation précédente auquel on ajoute, après refroidissement, une solution alcaline de permanganate de potassium à 8 grs pour 500. L'azote albuminoïde est ainsi transformé en ammoniaque. On porte à l'ébullition pendant trois heures. On distille ensuite le liquide ammoniacal jusqu'à ce que l'on ait recueilli 100 centimètres cubes de distillat que l'on dose au réactif de Nessler.

TITRE ALCALIMÉTRIQUE. — A 100 cc. d'eau mesurés exactement, on ajoute 2 cc. d'héliauthine et l'on titre au moyen d'une solution décimormale d'acide sulfurique. Les résultats sont exprimés en milligrammes d'acide sulfurique, $\text{SO}^4 \text{H}^2$, par litre d'eau.

DOSAGE DES CHLORURES. — On évapore 250 cc. d'eau au bain-marie jusqu'à 100 cc. environ. On

additionne de V gouttes de chromate de potasse et l'on dose par la méthode de Mohr à l'aide d'une solution de nitrate d'argent dont chaque cc. correspond à 1 mmgr. de chlorures.

DOSAGE DES SULFATES. — On les précipite à l'état de sulfate de baryum au moyen d'une solution de Ba Cl^2 . Ce précipité est recueilli sur un filtre Berzelius, séché à l'étuve, calciné et pesé. Les résultats sont exprimés en SO^3 .

RECHERCHE DES NITRITES. — On utilise, pour cette détermination, la méthode bien connue de Tromsdorff.

DOSAGE DES NITRATES. — Au résidu d'évaporation de 100 cc. d'eau, on ajoute le réactif sulfo-phéniqué de Grandval et Lajoux. En milieu ammoniacal, les nitrates donnent une teinte jaune. Le dosage s'effectue colorimétriquement par comparaison avec une gamme de solutions nitriques préalablement préparées et dosées. Les résultats s'expriment en $\text{NO}^3 \text{H}$.

MATIERES ORGANIQUES. — Nous avons effectué ce dosage par manganimétrie en milieu alcalin, c'est-à-dire en présence de bicarbonate de sodium. Il est basé sur ce fait que le permanganate, oxydant énergique, oxyde les matières organiques en se décomposant. Les résultats ont été exprimés en poids d'oxygène emprunté au permanganate par un litre d'eau.

DOSAGE DES GAZ DISSOUS. — On les chasse par l'ébullition pour les recueillir dans une éprouvette graduée placée sur la cuve à mercure. La lecture du

volume est ensuite faite sur la cuve à eau, mais il faut procéder à des corrections de température, de pression et de tension de vapeur d'eau, pour ramener à 0° et 760 millimètres de mercure, le volume trouvé. Sur les gaz ainsi recueillis, on peut doser successivement l'acide carbonique par absorption sur la potasse, l'oxygène que l'on fait absorber par de l'acide pyrogallique, l'azote enfin qui correspond au volume de gaz résiduel.

RESISTIVITE - CONDUCTIBILITE - RADIOACTIVITE. — Ces déterminations physiques feront l'objet d'un ample exposé au cours des chapitres ultérieurs.

CHAPITRE II

ANALYSE DE LA SOURCE COMMUNALE

L'alimentation en eau de la Salvetat est principalement assurée par la source dite « communale ». Cette source est située à 300 mètres environ au sud du village, en contrebas de la route de Saint-Pons.

Elle sort de l'arène granitique qui s'étale sur les pentes d'une colline élevée, la colline du Devès ou du bois Royal du Devès. Cette pente offre quelques paliers dont profitent les lacets de la route. A proximité d'un de ces derniers, a été construit un réservoir en béton armé que viennent emplir les eaux provenant des captages de plusieurs sourcettes. C'est l'eau issue de ce réservoir qui alimente la presque totalité du village à l'exception du quartier de l'Hôpital situé plus au Nord et alimenté par une autre source.

Les nombreuses venues d'eau qui constituent cette source communale sont extrêmement abondantes en hiver au point que les fontaines de l'endroit coulent sans arrêt, nuit et jour. Mais, en été, leur débit décroît dans une proportion énorme, comme nous le

signalions précédemment et il n'est pas rare que la population soit privée d'eau durant quelques heures de la journée.

Notons, ici, en passant, que les captages pratiqués au sein de l'arène granitique nécessitent une technique très particulière, puisqu'il s'agit de capter non pas une source, mais une infinité de sourcettes. On ne fait rendre à cette arène un volume d'eau important qu'à la condition d'y pratiquer soit de longues et profondes tranchées sur lesquelles on établit des drains maçonnés, soit des galeries souterraines.

.....

C'est en février 1934 que nous procédâmes à une première analyse des eaux de la source communale. Divers échantillons furent, à cet effet, prélevés, le 21 février, à une borne-fontaine située non loin de l'église du village.

Cette eau est froide ; sa température oscille entre 14 et 16° ; d'une limpidité parfaite, inodore, de saveur fraîche, elle est très agréable au goût.

L'analyse faite presque aussitôt, suivant les méthodes exposées plus haut, nous révélait, du seul point de vue de la composition chimique, une eau d'une potabilité des plus remarquables.

La recherche des nitrites était négative et cela va de soi, puisqu'il s'agit d'une eau servant à l'alimentation courante. D'autre part, on n'y décelait aucune trace d'ammoniaque ou d'azote albuminoïde. Les nitrates en étaient totalement absents.

Le dosage des matières organiques réalisé en milieu alcalin et exprimé en milligrammes d'oxygène emprunté au permanganate de potasse par un litre d'eau donnait un chiffre de 0,0008 gr., de beaucoup inférieur, comme on le voit, au taux limite de 2 mmgr. par litre.

Le degré hydrotimétrique total de ces eaux est très faible puisqu'il n'atteint que le chiffre de 3°. Il n'y a donc pas lieu de procéder à la mesure du degré permanent. Ces eaux bonnes à boire sont, en outre, excellentes pour cuire. Il convient de faire remarquer que ce faible degré hydrotimétrique s'explique très bien par l'absence ou l'extrême rareté des éléments calciques ou magnésiens dans la composition du granite et du gneiss et dans celle de l'arène granitique.

Par ailleurs, le trait dominant de l'analyse des eaux de cette source est leur très faible minéralisation (30 milligrammes de résidu à 120° par litre), ce dont il n'y a pas lieu de s'étonner, en raison de leur origine granitique.

Le taux des éléments calciques et magnésiens est également très faible, comme le laissent prévoir le degré hydrotimétrique et l'importance illusoire de l'extrait sec. Le calcium exprimé en milligrammes de Cao n'atteint que 2 milligrammes 50. Quant au magnésium, exprimé en pyrophosphate, son poids n'excède pas 2 mmgrs. par litre.

Si nous signalons, en dernier lieu, que ces eaux sont faiblement chlorurées (12 mmgrs de Na Cl par litre), qu'elles renferment des traces infimes de fer, nous aurons exposé tous les caractères saillants qu'elles révèlent à l'analyse chimique.

Nous avons consigné, dans le tableau ci-dessous, les résultats de nos déterminations au laboratoire ; il ressort clairement de l'examen de ce tableau qu'il ne manque à cette eau, pour être excellente, qu'une teneur en calcium plus élevée ; elle n'en est pas moins très potable et nous verrons ultérieurement cette impression confirmée par l'analyse bactériologique. C'est l'eau type des terrains granitiques à minéralisation excessivement faible.

Eau de la Salvetat-sur-Agoût, source communale

Echantillon N° 1, prélevé le 24 février 1934

Température de la source	15°
Résidu fixe à 120°	28.00
Résidu au rouge	20.00
Perte au rouge	8.00
Somme silice, fer, alumine	3.00
Calcium (en CaO)	2.50
Magnésium (en MgO)	0.72
Degré hydrométrique total	3°
Degré hydrotimétrique permanent	
Titre alcalimétrique en milligrammes de SO ⁴ H ²	104
Chlorures en NaCl	12.00
Sulfates en SO ⁴ Ba	8.00
» en SO ³	2,72
Nitrates (NO ³ H)	Néant
Nitrites (NO ² H)	néant
Phosphates (P ² O ⁵)	traces
Azote ammoniacal en NH ³	néant
Azote albuminoïde en NH ³	néant
Matières organiques en milieu alcalin en mms d'O	0,8
Gaz totaux dissous à 0° et sous 760 m de Hgen cc.	45

Si l'on tient à classer séparément anions et cations comme on le fait parfois, l'analyse chimique de cette eau sera exprimée par le tableau suivant :

1° CATIONS

Fer et Aluminium	Fe, Al	3.00
Calcium	Ca	1,77
Magnésium	Mg	0,43
Potassium	k	non dosé
Sodium	Na	4,7
Ammonium	NH ⁴	Néant
Azote amidé	NH ⁴	Néant

2° ANIONS

Chlore	Cl	7,3
Sulfurique	SO ⁴	3,28
Silicique	SiO ³	traces
Azotique	NO ³	traces
Azoteux	NO ²	Néant

(1) Les résultats pondéraux sont exprimés en milligrammes et par litre d'eau.

3° CARACTÈRES CHIMIQUES

Titre alcalimétrique en milligrammes de SO_4H_2	104
Extrait sec à 120°	28.00
Résidu au rouge	20.00
Perte au rouge	8.00
Matières organiques en mmgs d'oxygène	0,8
Gaz totaux dissous à 0° et sous 760 p	
Hg. en cc	45

Les résultats pondéraux sont exprimés en milligrammes et par litre d'eau.

INTERPRETATION DES RESULTATS. — Il est assez fréquent, lorsqu'il s'agit d'eaux peu minéralisées, de déduire la composition probable de l'extrait sec des résultats pondéraux trouvés à l'analyse chimique. Cette interprétation, quoique un peu arbitraire, présente un intérêt certain du fait qu'elle permet une expression plus imagée des éléments dosés, acides et bases étant associés selon leur force respective, les sels ainsi obtenus paraissant correspondre assez sensiblement à la composition probable du résidu salin. Pour les eaux d'alimentation, on procède habituellement de la manière suivante :

L'acide sulfurique est tout d'abord exprimé en sulfate de calcium.

Le restant du calcium est transformé en carbonate de calcium.

Le magnésium est traduit en carbonate de magnésium.

Les chlorures sont toujours exprimés en chlorures de sodium.

Les nitrates, quand il en existe, sont exprimés en nitrate de calcium, ce qui diminue d'autant le taux du carbonate de calcium.

La silice, l'alumine et l'oxyde de fer sont repré-

sentés sous la forme libre qu'ils n'ont évidemment pas dans les eaux.

L'expérience a montré que, lorsqu'il s'agit d'eaux peu chargées en éléments minéraux, ce mode d'expression est d'une exactitude suffisante. D'autre part, la somme des constituants salins déduite des calculs ci-dessus se rapproche sensiblement du résultat trouvé dans la détermination de l'extrait sec.

Si nous appliquons ces calculs à notre analyse de la source communale de la Salvétat, nous aurons, après avoir associé anions et cations, la composition probable de l'extrait sec que nous inscrivons dans le tableau suivant :

	Par litre d'eau en milligr.
Sulfate de calcium	4,40
Carbonate de calcium	2,50
Carbonate de magnésium	1,50
Silice. Alumine. Oxyde de Fer	3.00
Chlorure de sodium	13.00
Total des sels neutres calculés	24.40
Extrait sec à 120°	28,00
Différence en moins	3,60

CHAPITRE III

LA SOURCE DE L'HOPITAL

Cette source, d'une importance bien moindre, alimente le seul quartier de l'Hôpital, qui correspond à la partie Nord-Est du village de la Salvetat. Son jaillissement se produit derrière cet édifice et l'eau captée est conduite jusqu'à une fontaine principale, flanquée d'un lavoir, située face à l'Hôtel Calbérac.

C'est en novembre 1933 que nous avons procédé à une première analyse chimique de cette source. Des échantillons furent, à cet effet, prélevés le 6 novembre pour être analysés presque aussitôt. Cette eau, comme la précédente, est d'une limpidité parfaite, son odeur nulle, sa saveur fraîche et agréable. La température de la source oscille entre 14 et 16 degrés.

Cette eau diffère assez sensiblement dans sa constitution chimique de l'eau de la source communale. Elle est, en effet, beaucoup plus chargée en éléments minéraux sans que l'on puisse, pour cela, conclure à une eau fortement minéralisée. Le résidu fixe à 120°

est de l'ordre de 85 milligrammes, soit près du triple de celui de la source communale. La plupart des éléments dosés seront, par suite, représentés à un taux bien plus élevé que dans la précédente analyse.

La somme silice, oxyde de fer et alumine atteint 5 milligrammes. Le calcium et le Magnésium s'élèvent à des chiffres bien supérieurs. La répercussion porte, par suite, sur le degré hydrotimétrique qui est de l'ordre de 8°. Par ailleurs, la quantité de chlorures est sensiblement équivalente à celle exprimée lors de l'analyse de la source communale.

Du reste, la nature de cette eau s'explique par des considérations d'ordre géologique, antérieurement exposées lors de cette première analyse.

La potabilité de ces deux eaux est donc largement démontrée, du point de vue chimique. Notons, toutefois, que la source communale apparaît comme ayant l'eau la plus pure, c'est-à-dire la moins chargée.

Par la suite, en mai 1934, nous avons cru devoir procéder à un nouvel examen de la source de l'hôpital ; les résultats trouvés furent sensiblement les mêmes que ceux exprimés au mois de novembre de l'année 1933, ainsi que l'on peut s'en rendre compte par l'examen du tableau suivant (*) où nous avons consigné, côte à côte, ces deux analyses.

On doit en déduire que la composition chimique de cette eau est des plus stables.

(*) Les résultats pondéraux sont exprimés en milligrammes et par litre d'eau.

TABLEAU COMPARATIF DES DEUX ANALYSES CHIMIQUES
DE LA SOURCE DE L'HOPITAL

	6 nov.	17 mai
Température de la source	16°	17°
Résidu fixe à 120°	85.00	82.00
Résidu au rouge	59.00	55.00
Perte au rouge	26.00	27.00
Somme silice, fer, alumine	5.00	6.00
Calcium en CaO	17.00	19.00
Magnésium en MgO	3.60	3.90
Degré hydrotimétrique total	7°5	9°
Degré hydrotimétrique permanent	4°	5°5
Chlorures en NaCl	15.00	14.00
Sulfates en SO ³	17.00	16.00
Sulfates en SO ⁴ Ba	5.78	5.34
Titre alcalimétrique	180	160
Nitrites (NO ² H)	néant	néant
Nitrates (NO ³ H)	traces	néant
Azote ammoniacal (NH ³)	néant	néant
Azote albuminoïde (NH ³)	néant	néant
Phosphates	traces	traces
Gaz totaux dissous à 0° et sous 760 mm. de Hg. en cc.	35	40
Matières organiques en milieu alcalin	1.00	1.00

CHAPITRE IV

SOURCE DU PONT

Nous avons cru devoir procéder à l'analyse chimique de cette eau bien qu'elle ne contribue nullement, en l'état actuel des choses, à l'alimentation de la Salvétat. Cette source est, en effet, située à l'extérieur du village (100 mètres environ) et à une altitude inférieure, au pied même de la colline du Devès, face au pont qui enjambe l'Agoût, où viennent converger les routes d'Anglès et de Saint-Pons.

En cet endroit, l'arène granitique qui recouvre les pentes de la colline suinte l'eau de toutes parts et il n'est pas rare de voir, en hiver, de magnifiques stalactites surplombant les bas côtés des deux routes. L'arène, gorgée d'eau comme une éponge, la rend en une infinité de filets d'eau ; un captage sommaire, pratiqué à flanc de montagne, permet l'alimentation par trois becs, d'une auge cimentée, tenant lieu d'abreuvoir, située dans un abri en maçonnerie.

Les échantillons prélevés vers le milieu du mois de février 1934, révélèrent une eau parfaitement limpide et inodore, de saveur fraîche et agréable. La température de l'eau était de 14° lors du prélèvement. Il était à prévoir que cette eau se rapprocherait sensiblement, dans sa composition chimique, de l'eau de la source communale, puisque les deux sources jaillissent sur la même colline, de terrains géologiquement identiques, mais à des altitudes sensiblement différentes.

L'analyse chimique devait confirmer cette opinion, ainsi que l'on peut s'en rendre compte par l'examen du tableau ci-dessous (*), où sont consignés les résultats relatifs à chacune de nos déterminations.

SOURCE DU PONT

Analyse chimique du 11 février

Température de la source	14°
Résidu fixe à 120°	28.00
Résidu au rouge	20.00
Perte au rouge	8.00
Somme silice, fer, alumine	3.00
Calcium en CaO	2.50
Magnésium en P ² O ⁷ Mg ²	3.00
Magnésium en MgO	1.08
Degré hydrotimétrique total	3°
Degré hydrotimétrique permanent	
Titre alcalimétrique exprimé en mgrs SO ⁴ H ²	106.00
Chlorures en NaCl	12.00
Sulfates en So ⁴ Ba	4.00
Sulfates en So ³	1.36
Nitrites	néant
Nitrates	néant
Azote ammoniacal	néant
Azote albuminoïde	néant
Matières organiques en milieu alcalin	
(en mmgrs d'oxygène)	1.00
Gaz totaux dissous à 0° et sous 76 dm. Hg en cc.	60

Comme on le voit en se rapportant à l'analyse de l'eau de la source communale précédemment relatée, il y a identité à peu près complète entre ces deux

Les résultats pondéraux sont exprimés en milligrammes et par litre d'eau.

sources. Leur eau est, sans aucun doute, d'une potabilité certaine. La minéralisation y est pour ainsi dire nulle ; leur pureté même doit être déplorée en raison des inconvénients pouvant résulter d'une insuffisance excessive en sels de calcium du point de vue de l'ossification et de la dentition des individus. Nous retiendrons, toutefois, la potabilité excellente de ces eaux confirmée par l'examen bactériologique ; leur radioactivité sera un attrait de plus pour cette pittoresque localité à qui la nature semble avoir voulu distribuer avec munificence tous les éléments susceptibles d'en faire une station climatique et d'agrément réputée. On comprend, dès lors, sans peine, le zèle de sa municipalité à vouloir remédier à la pénurie regrettable de ces eaux en été, seule ombre à un tableau si attrayant par ailleurs.

TROISIEME PARTIE

**RADIOACTIVITÉ DES EAUX
DE LA SALVETAT**

CHAPITRE PREMIER

INTERET DE CETTE ÉTUDE

Nous avons déjà signalé, dans nos avant-propos, que la mesure de la radioactivité semble avoir été, jusqu'à ces temps derniers, l'apanage des seules eaux minérales. Le seul fait d'attribuer à des eaux des propriétés thérapeutiques impliquait, en effet, comme contre-partie, d'adjoindre à leur analyse chimique une détermination aussi exacte que possible de leurs caractéristiques physiques et, notamment, leur radioactivité, pour tenter précisément d'expliquer leur action. Par suite, quand l'analyse chimique ne suffisait pas à motiver l'activité de ces eaux, certains n'hésitaient pas à considérer leur radioactivité comme la cause probable de leur pouvoir sédatif ou curatif. Le fait, en outre, que la plupart des eaux dites minérales possèdent, quoiqu'à des degrés divers, ce caractère radioactif contribuait à renforcer considérablement cette opinion.

C'est à Monsieur le Professeur TARBOURIECH, un des

premiers, que revient le mérite d'avoir montré que cette radioactivité n'était nullement le privilège des eaux minérales comme portait à le croire une tendance assez naturelle. Dès le mois d'avril 1931, il démontrait que l'eau d'alimentation de Langogne, en Lozère, jusque-là considérée comme banale et utilisée pour les usages domestiques, présentait ce pouvoir radioactif à un degré supérieur à celui de beaucoup d'eaux minérales. On entrevoit aisément toutes les conséquences d'ordre médical et l'intérêt touristique même qui peuvent découler d'une telle constatation. Il semble désormais acquis que la mesure de la radioactivité a sa place incontestable dans toute analyse d'une eau domestique.

Poursuivant ses recherches, Monsieur le Professeur TARBOURIECH, aidé de son préparateur, Monsieur CASSAGNE, découvrait, dans les eaux de la Salvetat-sur-Agoût, une radioactivité qui, pour être moindre qu'à Langogne (4 millimicrocuries 40 au lieu de 13 millimicrocuries), était, toutefois, des plus notables.

Reprenant à notre compte l'étude des eaux de cette localité, nous avons cru devoir procéder à une étude géologique assez approfondie de cette région, dont nous donnons un aperçu au début de cet ouvrage. La nature géologique des terrains traversés peut seule, en effet, de toute évidence, influencer l'eau d'une source, à ce point de vue. Il est à peu près démontré aujourd'hui que la radioactivité d'une eau est d'autant plus prévisible que les terrains qui avoisinent sa source ou son lit sont constitués, pour une plus large part, de roches éruptives. Rarement, des sources radioactives ont été découvertes au sein de terrains sédimentaires, qu'il s'agisse de roches calcaires, siliceuses, argileuses ou sableuses. Bien plus, si quelques exceptions ont pu être signalées, l'expérien-

ce a montré que si des roches sédimentaires avoisinaient accidentellement le point d'émergence d'une eau radioactive, l'origine même de cette eau devait être recherchée beaucoup plus loin parmi des terrains d'origine éruptive. La radioactivité des eaux serait le sceau des roches éruptives et c'est, sans aucun doute, pour cette raison que les montagnes sont beaucoup plus riches en sources radioactives que les plaines alluvionnaires.

Parmi ces roches éruptives, il faut distinguer trois catégories suivant l'arrangement et la nature des cristaux qui les forment : les roches porphyroïdes, les roches vitreuses et, surtout, les roches granitoïdes. Du point de vue de la radioactivité des eaux, elles présentent un intérêt fort différent.

Les roches porphyroïdes sont formées de grands cristaux unis par une pâte paraissant amorphe à l'œil nu, mais qui vue au microscope, se résout en une infinité de petits cristaux ou microlithes ; leur refroidissement s'est fait rapidement ; les grands cristaux se sont formés dans la profondeur et les petits après éruption. Les principales sont les porphyres, les trachytes et les basaltes. Ces roches sont constituées de silice à un état de pureté plus ou moins grand et de feldspaths.

Les roches vitreuses sont des roches éruptives brutalement solidifiées telles que les scories, les cendres, la pierre ponce.

Les roches granitoïdes, de beaucoup les plus nombreuses, diffèrent des précédentes en ce sens qu'elles sont *fortement micacées*. Elles sont formées de cristaux juxtaposés. Leur solidification s'est faite dans l'intérieur de la terre et leur refroidissement a été fort lent. Parmi elles, il faut citer, en premier lieu,

le *granite* composé, comme l'on sait, de quartz, de feldspaths et de micas.

Le *quartz* ou silice pure se reconnaît à l'aspect de grains de sel gris ; le *feldspath* (silicates doubles), à sa couleur claire et à ses facettes miroitantes ; le mica à ses paillettes brillantes. Le *mica* est un silicate complexe d'aluminium et de diverses bases. Le mica noir est riche en magnésie et en fer ; le mica blanc, exempt de magnésie, est riche en potasse. Le mica forme des lamelles brillantes, hexagonales et facilement clivables. La muscovité est un des micas blancs les plus répandus.

A côté du granite, il faut citer la *granulite*, qui est une granite dont le mica est blanc, ce qui donne à la roche une couleur très claire.

Précédemment, nous avons exposé la constitution d'ensemble de la région de la Salvetat ; le pays, avons-nous dit, est fait d'une succession de plissements et de synclinaux presque entièrement recouverts d'une arène granitique provenant de la décomposition du gneiss. Un examen plus détaillé permet de déceler au sein de cette arène gneissique d'abondants filons de granulite orientés parallèlement d'Est en Ouest sur une assez grande longueur, ainsi qu'en témoigne la carte géologique (4). Il semble que l'on doive attribuer la radioactivité des eaux de cette région à la prépondérance des micas et à la fréquence de cette granulite si riche en micas blancs. Des constatations identiques ont été faites, concernant les eaux de Langogne et l'on a, de plus en plus, tendance à admettre que la présence de micas blancs est une condition « sine qua non » de la radioactivité des eaux.

A côté des roches éruptives, il faut signaler les *roches cristallophylliennes*, qui sont à la fois cris-

tallines comme les roches éruptives et feuilletées comme les roches sédimentaires. On admet ordinairement que ce sont des roches sédimentaires qui ont été *métamorphosées* par des roches éruptives. Les plus importantes sont les gneiss, les micaschistes et les phyllades.

Les *gneiss* se composent des mêmes éléments que le granite : quartz, feldspaths et micas. Mais ces éléments, au lieu d'être distribués sans ordre, sont disposés avec une certaine régularité. Le mica forme des lits sombres alternant avec les traînées claires de feldspaths et de quartz.

Les *micaschistes* composés seulement de quartz et de mica, sont très feuilletés. Ils fournissent les lames de mica utilisées dans l'industrie. Gneiss et micaschistes forment ce que les géologues intitulent : les *ter-rains archéens*.

Or, nous avons déjà vu que gneiss et micaschistes constituent l'ossature fondamentale du territoire de la Salvetat-sur-Agoût ; leur lente désagrégation contribue à former cette arène granitique qui recouvre tout le pays à l'exception des nombreux filons de granulite (muscovite ou séricite) qui l'entrecoupent. La richesse en micas blancs des uns et des autres apparaît donc comme la cause probable de la radio-activité des eaux de l'endroit.

La mesure de la radioactivité d'une eau sera donc comme la contre-épreuve de l'examen géologique de son territoire d'alimentation.

Nous verrons ultérieurement que cette radioactivité est éminemment variable, sans qu'il soit possible d'affirmer qu'il y ait une relation quelconque entre cette radioactivité d'une part, et la température, la minéralisation ou le débit d'une source d'autre part.

CHAPITRE II

DÉFINITION DE LA RADIOACTIVITÉ

Les recherches entreprises en 1896, par Henri Becquerel sur l'uranium et ses propriétés, le conduisirent à la découverte de la radioactivité, « science fondamentale indépendante de la physique et de la chimie puisqu'elle permettait, à l'encontre de celles-ci, d'admettre, tout au moins pour certains corps, la théorie de l'évolution de la matière, jusque-là considérée comme immuable par les savants » (23).

Becquerel constata, en effet, le premier, que l'atome d'uranium émet spontanément de l'énergie sous forme d'un rayonnement continu et que, par suite, il doit nécessairement se transformer. Cette transformation a reçu le nom de *désintégration atomique* ; désintégration atomique et rayonnement sont donc inséparables. Ces mêmes propriétés furent, par la suite, reconnues au Radium par Mme et M. P. Curie et, successivement, à une trentaine d'autres corps privilégiés récemment découverts, parmi lesquels figurent

notamment, le Thorium, l'Ionium, le Polonium, l'Actinium, l'Alabame et l'Illinium.

Ces corps sont dits radioactifs. Des recherches ultérieures ont permis de constater que les atomes radioactifs sont susceptibles :

1° D'émettre un rayonnement capable d'impressionner une plaque photographique, donc lumineux.

2° D'ioniser les gaz.

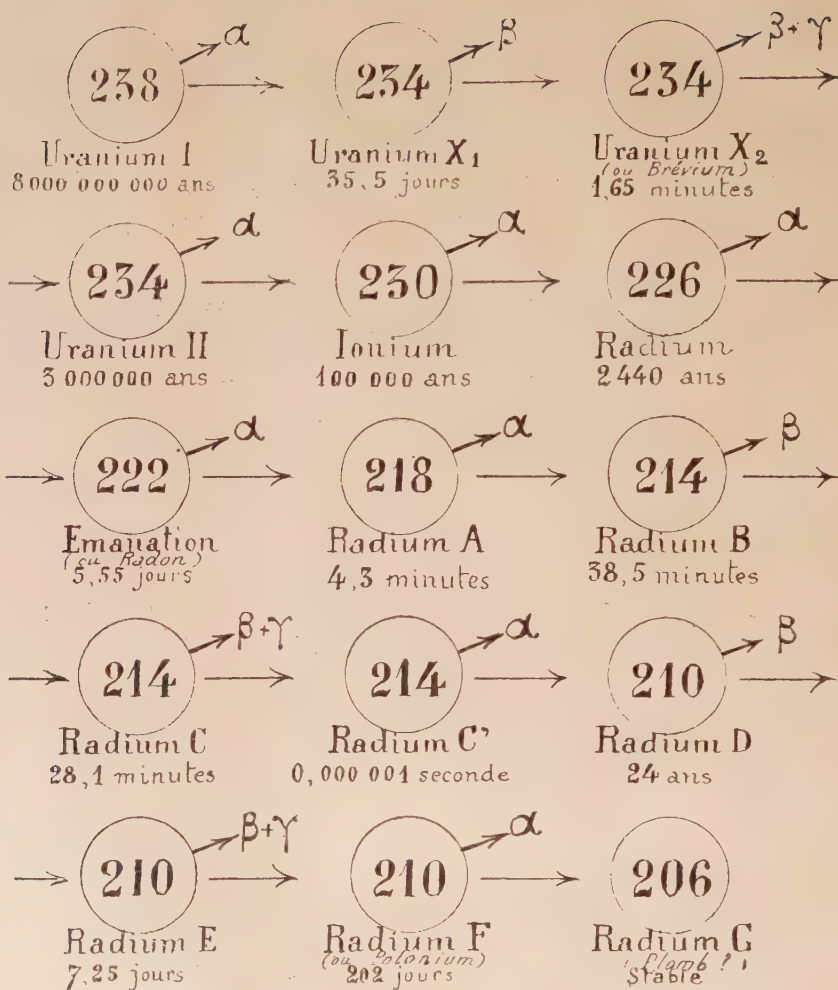
3° D'exciter la fluorescence et la phosphorescence des corps voisins.

4° De dégager de la chaleur.

Sans entrer dans le détail des multiples recherches entreprises sur le rayonnement des corps radioactifs, rappelons simplement que les premiers travaux entrepris sur ces rayons Becquerel ont permis à Rutherford de diviser le rayonnement radioactif en trois catégories de rayons : rayons alpha (α), bêta (β) et gamma (γ).

Les rayons α constituent la partie très absorbable du rayonnement ; ils sont arrêtés par une simple feuille de papier. Chaque particule α porte deux charges d'électricité positive, associées à un atome quatre fois plus lourd que l'hydrogène : l'hélium. Ces particules sont donc des masses matérielles, des noyaux, dont la vitesse oscille entre 15.000 et 25.000 kilomètres par seconde.

Les rayons β sont analogues aux rayons catodiques découverts par Sir William Crookes. La masse de chacune des particules est 1800 fois moindre que celle du plus léger des atomes : l'hydrogène. Elle n'est point matérielle, mais de nature électromagnétique. Ces rayons sont cent fois plus pénétrants que les rayons α ; leurs particules atteignent une vitesse de 100.000 kilomètres par seconde ; leur charge électrique est négative.



Désintégration complète de l'Uranium et du Radium

Les rayons γ sont analogues aux rayons X engendrés, comme on le sait, à partir des rayons catodiques. Ce sont des ondes électromagnétiques et non plus des rayons constitués par des particules ayant une masse propre.

Ce rayonnement radioactif se traduit, avons-nous dit, par une désintégration atomique des corps radioactifs, désintégration qui s'effectue en cascade, puisque le corps initial, l'Uranium, a un poids atomique de 238, le radium produit intermédiaire de 226, le plomb, résidu final, de 210.

Nous avons emprunté, à la remarquable thèse de M. Médaille, sur la « Radioactivité des vins de France » (23), un tableau schématique qui figure très exactement cette désintégration en cascade des éléments radioactifs.

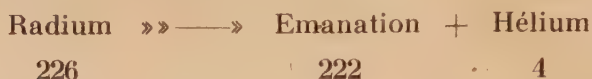
Pour faciliter la compréhension de ce processus de destruction, il convient de rappeler que les particules α sont constituées d'un noyau d'hélium auquel se trouvent associés 2 électrons nucléaires. Chaque noyau dit « hélion », est fait de 4 éléments ou « protons ». Il s'ensuit que toute transformation par rayons α abaisse de 4 unités le poids atomique du corps radioactif envisagé.

Par contre, les rayons β et γ , nullement formés d'atomes matériels comme les précédents, n'abaissent d'aucune manière le poids atomique des éléments radioactifs.

Comme on peut s'en rendre compte par ce tableau, le Plomb, de poids atomique 210, est le terme ultime de ce processus de désintégration.

De même que l'Uranium I donne de l'Uranium X₁, de même on voit que le Radium produit du *Niton*, qui est un gaz radioactif très intense dont la vie est très courte. Ce gaz, désigné aussi par le terme

d'*Emanation*, a un poids atomique de 222. Sa formation s'accompagne toujours de la production de rayons α , ce qui explique son abaissement de poids atomique par rapport au Radium.



L'émanation obtenue en vase clos se désintègre rapidement en laissant déposer un corps radioactif de poids atomique inférieur de 4 unités : le Radium A, cette production s'accompagnant évidemment d'un rayonnement α .

Les eaux dites radioactives renferment une quantité variable de cette émanation, élément radioactif gazeux qui possède les quatre propriétés des corps radioactifs, précédemment énoncées.

Sur la seconde de ces propriétés, à savoir l'ionisation des gaz, est basée, comme on va le voir, la mesure de la radioactivité.

CHAPITRE III

MESURE DE LA RADIOACTIVITÉ

I. — PRINCIPE DE LA MESURE

La méthode de mesure de la radioactivité la plus précise est la méthode électrométrique (8) ; la méthode la plus rapide, et, partant, la plus usitée, est, sans contredit, la méthode électroscopique (7). Le principe en est le suivant : l'air sec n'est pas conducteur de l'électricité, ce qui explique qu'un électroscope chargé d'électricité, plongé dans une atmosphère d'air sec ne perd cette charge qu'avec une très grande lenteur que l'on mesure par la vitesse de chute de la feuille d'aluminium ; au contraire, si une atmosphère renferme de l'émanation, c'est-à-dire un corps radioactif gazeux elle devient conductrice de l'électricité et d'autant plus conductrice que la teneur en émanation est plus grande. On dit qu'elle est *ionisée*. C'est pourquoi l'électroscope chargé d'électricité se déchargera beau-

coup plus rapidement dans une telle atmosphère que dans l'air sec et la vitesse de chute de la feuille d'aluminium permettra d'évaluer la quantité d'émanation contenue dans l'atmosphère gazeuse analysée.

La mesure de la radioactivité d'une eau se ramène par suite à la série de manipulations suivantes :

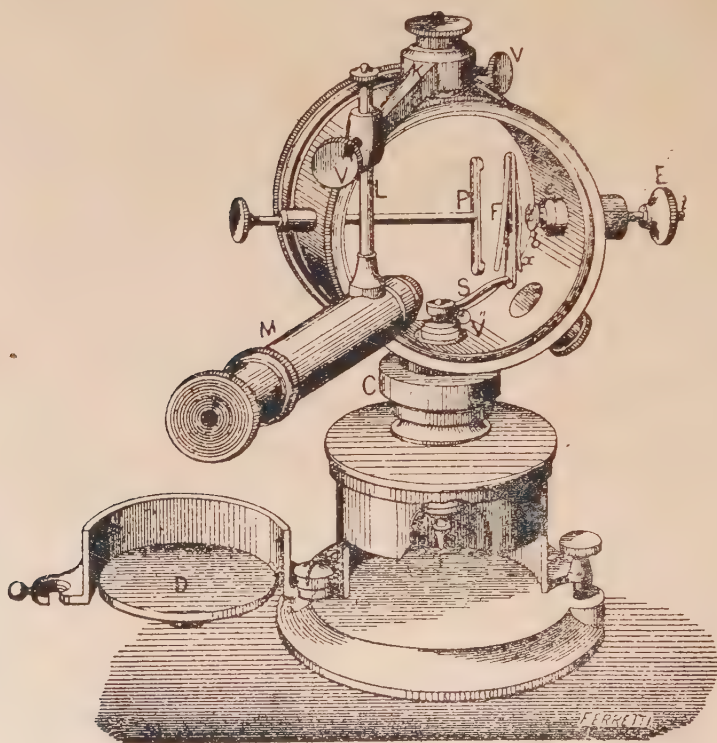


FIG. 1.

Appareil de déperdition à plateau

— 1° Faire le vide dans un vase cylindrique clos appelé *cylindre de déperdition*.

— 2° Adapter à ce cylindre un électroscope chargé d'électricité et constater qu'il ne se décharge point,

compte tenu de la fuite spontanée déterminée lors de l'étalonnage de l'appareil.

— 3° Chasser par l'ébullition tous les gaz renfermés dans l'eau à étudier ; les dessécher en les faisant circuler dans un système déshydratant approprié ; les introduire enfin dans le cylindre à déperdition.

— 4° Constater toujours, au moyen d'un microscope oculaire, que la feuille d'aluminium tombe bien plus rapidement que précédemment ; la vitesse de chute de la feuille d'aluminium mesurée en fonction de son déplacement devant une échelle graduée, permet, dès lors, par le calcul, de déterminer la radio-activité de l'eau envisagée, c'est-à-dire sa richesse en émanation.

.....
Nous avons utilisé pour nos mesures l'électroscope de C. Chêneveau et Laborde (7), un des plus répandus à l'heure actuelle, dont nous donnons, ci-dessous la description.

II. — DESCRIPTION DE L'ELECTROSCOPE

Il est constitué par une cage métallique en forme de section de tube, que limitent deux glaces de verre à faces parallèles. Elles sont intérieurement recouvertes par un treillis métallique. A la partie inférieure de cette cage est vissé un col métallique C, dans lequel est mastiqué l'ambroïde isolant électriquement la feuille d'aluminium. L'ambroïde porte, dans ce but, une tige métallique qui la traverse de part en part. Cette tige se termine, dans la cage de l'électroscope par une pièce cylindrique sur laquelle une vis de serrage (V'') permet de fixer le support (S) de la feuille d'aluminium F, et, à la partie inférieure par un file-

tage sur lequel se vissent les diverses tiges de dérivation appropriées aux différents appareils de mesure.

La feuille d'aluminium peut être calée, pour le transport de l'appareil, par une pièce métallique (P), convenablement disposée à l'intérieur de la cage et manœuvrée de l'extérieur à l'aide d'une tige métallique coulissant dans la paroi de l'appareil.

Il convient de noter que la cage de l'électroscope est parfaitement étanche ; un tube latéral démontable (D), renfermant de l'anhydride phosphorique ou du chlorure de calcium fondu permet, lors de l'emploi une dessiccation complète de l'atmosphère de la cage.

Remarquons aussi que la feuille d'aluminium ne communique métalliquement avec l'extérieur que par la tige isolée dans l'axe de l'ambroïde et qu'il en résulte, tout au long de l'isolant, deux surfaces de fuite.

Pour charger électriquement la feuille d'aluminium une tige métallique (t), latérale, traverse la paroi de la cage dont elle est isolée par de l'ébonite ; elle peut tourner et même coulisser à l'intérieur de ce bouchon d'ébonite ; elle porte à l'intérieur de la cage une petite plaque métallique (h) excentrée, que l'on peut amener en contact soit pour la charge avec le support de la feuille d'aluminium protégé par un petit ressort (x) sur lequel elle vient buter, soit après la charge, avec la cage de l'électroscope en calant l'excentrique (b) contre un ergot (e) fixé à la cage.

Les mouvements de la feuille d'aluminium sont observés au moyen d'un microscope (m), muni d'un micromètre oculaire.

Le support (K) du microscope est fixé à la partie supérieure de la cage par une bague que commande une vis de serrage (V) ; à l'autre extrémité du support k est adaptée la tige portant le tube de coulisse

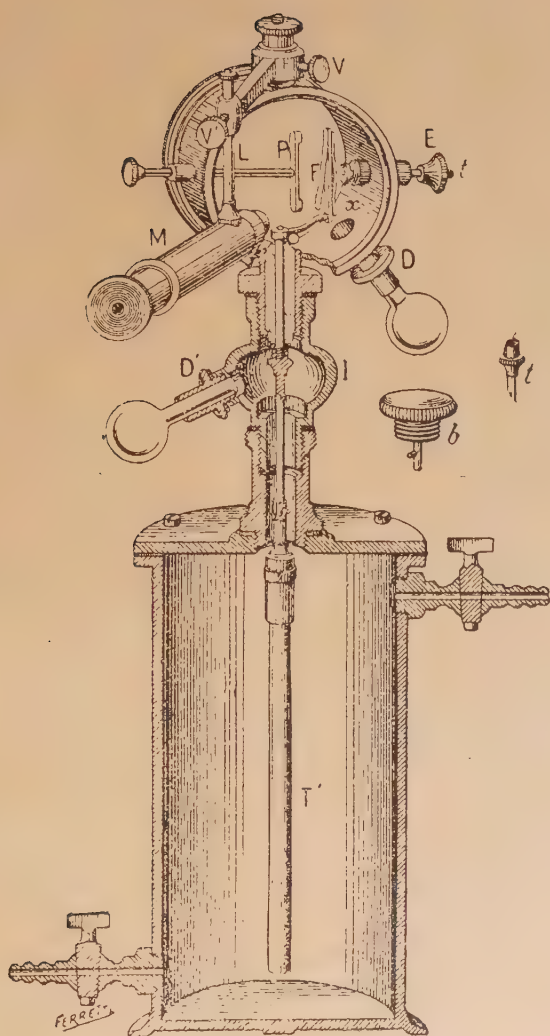


FIG. 2. — Appareil de déperdition à cylindre

du microscope ; elle peut glisser dans son logement et un bouton à vis (V'') permet de la fixer pour donner au microscope une orientation quelconque par

rapport à la cage de l'électroscope. Pour fixer l'orientation du microscope, une fine croix de repère a été gravée sur la glace antérieure de la cage et cette glace est elle-même repérée par rapport à la monture métallique ; quand le microscope vise alors cette croix de repère sur le point 100 du micromètre, il est sensiblement normal aux glaces de l'appareil et peut être immobilisé dans cette position par la vis V'.

L'électroscope possède, à sa partie inférieure, un dispositif permettant de faire rentrer la partie inférieure de la pièce porte-ambroïde avec frottement dans le col de l'appareil de déperdition approprié et d'immobiliser l'électroscope par une vis de serrage assez large.

L'appareil de déperdition à plateau (fig. 1), est constitué par une cage métallique dont le couvercle peut recevoir l'électroscope muni d'une courte tige de déperdition T*. Des disques métalliques, destinés à supporter la matière radioactive étudiée, peuvent être aisément introduits dans la cage, par la simple manœuvre d'une porte pratiquée dans sa paroi.

Les cylindres de déperdition (fig. 2), sont des tubes de cuivre fermés aux deux bouts et munis de robinets en cuivre. Leur couvercle porte un col fileté sur lequel peut se visser l'électroscope préalablement muni d'une tige de déperdition appropriée.

C'est dans ces cylindres que l'on introduit le gaz dont on veut déterminer la radioactivité, que ce gaz soit un gaz naturel ou une émanation contenue dans un liquide, une eau par exemple.

Nous décrirons plus loin la façon de procéder pour extraire cette émanation du liquide à étudier.

(1) Les appareils de déperdition doivent tenir le vide aussi parfaitement que possible. Dans ce but, tous les joints nécessités par les divers montages sont en cuir trempé dans du suif fondu.

III. — FUITE SPONTANEE

On désigne ainsi la perte de charge de l'électroscope due à une légère conductibilité superficielle de l'isolant et à une faible ionisation possible de l'air de l'appareil de mesure. Avant de procéder à une mesure de la radioactivité, il faut toujours déterminer la fuite spontanée de l'appareil de mesure utilisé. Cette perte de charge comme toute déperdition, se mesurera à l'aide du cylindre à déperdition de 3 litres rempli d'air bien sec non radioactif. Après trois heures de repos, on met en marche un compte seconde² au moment du passage de la feuille d'aluminium devant une division du micromètre ; on arrête le chronomètre quand la feuille franchit une nouvelle division, soit d le chemin parcouru pendant un temps t.

La vitesse de chute f, exprimée par le quotient d/t en divisions du micromètre par seconde, donne la mesure de la fuite spontanée propre à l'appareil. En ce qui concerne notre appareil de Chêneveau et Laborde, nous avons obtenu une fuite spontanée égale à :

10 divisions en 16 minutes 40 secondes, ce qui fait comme valeur de f :

$$f = \frac{10}{1000} = 0,01 \text{ division par seconde}$$

IV. — ETALONNAGE DE L'APPAREIL

Cette mesure se fait, pour un appareil donné, une fois pour toutes. Le principe consiste à introduire dans le cylindre une quantité connue d'émanation

du radium ; trois heures après, on mesure la déperdition de l'électroscope. Pour éviter d'avoir à employer dans ce but une solution de bromure de radium, on étalonne d'ordinaire l'appareil en plaçant l'électroscope non plus sur le cylindre mais sur l'appareil de déperdition à plateau, c'est-à-dire que l'on mesure la radioactivité d'un solide. Notre étalon sera un disque d'oxyde noir d'Uranium ($U^2 O^5$) de 6 centimètres de diamètre placé dans le condensateur à plateau.

MM. Chèneveau et Laborde (7), ont démontré que l'ionisation produite par ce disque était identique à celle que l'on pourrait produire en utilisant 0,30 milligrammes-minute* d'émanation, introduits dans le cylindre de trois litres.

Si nous posons :

V : vitesse de chute de la feuille d'aluminium constatée avec ce disque étalon,

f : la fuite spontanée,

La vitesse de chute corrigée est : $V - f$.

Notre feuille est tombée de 100 divisions en 12 secondes, ce qui nous donne :

$$V = 100/12 = 8,33 \text{ divisions par seconde}$$

$$\text{et } V - f = 8,33 - 0,01 = 8,32 \text{ divisions par seconde.}$$

L'appareil est ainsi étalonné ; si l'on vient à y introduire un gaz radioactif qui provoque une vitesse de chute v, la quantité d'émanation contenue dans ce gaz sera donnée par la formule :

$$x = 0,30 \times \frac{v - f}{V - f} = 0,30 \times \frac{v - f}{8,32}, \text{ x étant exprimé}$$

(1) Le milligramme minute est la quantité d'émanation que peut fournir 1 milligramme de bromure de radium pur en 1 minute.

en milligrammes-minute d'émanation ; sachant qu'un milligramme-minute d'émanation équivaut à 73,4 millimicrocuries, nous aurons le rapport suivant permettant d'exprimer en millimicrocuries la radio-activité du gaz :

$$x \text{ (en millimicrocuries)} = 0,30 \times 73,4 \times \frac{v - f}{8,32}$$

Il suffira désormais de munir cet électroscope ainsi étalonné d'une tige de déperdition appropriée et de le visser ensuite sur le cylindre de trois litres pour pouvoir procéder à la mesure de la radioactivité d'une eau.

V. — EXTRACTION DE L'EMANATION RADIOACTIVE D'UN LIQUIDE

La radioactivité des eaux est due aux corps radio-actifs qu'elle renferme en dissolution : émanation ou corps solides. Pour mesurer la radioactivité des eaux le procédé le plus précis consiste à faire bouillir un volume connu d'eau, à recueillir dans une éprouvette sur la cuve à Hg les gaz chassés par l'ébullition qui ont préalablement barboté dans un système desséchant, par un jeu de robinets, à les introduire enfin dans le cylindre de déperdition approprié. Après trois heures d'attente, on n'aura plus qu'à mesurer la déperdition de charge à l'intérieur du cylindre et déterminer par les calculs la radioactivité initiale de l'eau examinée.

Le montage habituellement usité est le suivant :

Une bouilloire métallique de trois litres munie d'un réfrigérant ascendant également métallique est disposée sur un réchaud à gaz ; on y introduit un volu-

me connu d'eau à analyser. Cette bouilloire présente une tubulure intérieure partant de sa partie inférieure pour se terminer à sa partie supérieure par un robinet permettant, le cas échéant, d'introduire dans la chaudière de l'air atmosphérique. On chauffe : les gaz chassés par l'ébullition se débarrassent de leur vapeur d'eau dans le réfrigérant et passent ensuite, par l'intermédiaire d'un tube de verre coudé, adapté au réfrigérant, dans un barboteur contenant de l'acide sulfurique à 66° Baumé. Faisant suite à ce barboteur sont disposés deux tubes en U reliés par des tuyaux de caoutchouc renfermant l'un de la potasse, l'autre de la ponce sulfurique, destinés à dépouiller les gaz de toute trace d'humidité ou d'acide carbonique. Ces gaz sont alors introduits dans une cloche à gaz placée sur du mercure à l'aide d'un robinet de verre à trois voies surmontant la cloche. Sitôt cette éprouvette de 250 cm³ remplie, une manœuvre appropriée du robinet à trois directions permet leur entraînement par aspiration dans le cylindre de déperdition de trois litres, après passage dans deux tubes en U, renfermant, comme précédemment, l'un de la potasse, l'autre de l'acide sulfurique.

Suivant que l'eau est plus ou moins riche en gaz dissous, le nombre d'éprouvettes de gaz recueillies sur le mercure varié ; habituellement il n'excède pas le chiffre 6, pour un volume d'eau de trois litres. Par suite, le dégagement cesse avant que le cylindre de déperdition soit entièrement rempli. Dès la fin de l'opération, c'est-à-dire quand l'eau a bouilli dans la chaudière pendant 20 à 30 minutes, on fait passer dans cette eau un courant d'air non radioactif en ouvrant le robinet de la tubulure adapté à la chaudière. Ce courant d'air a pour but d'entraîner par barbotage les dernières traces d'émanation qui subsis-

teraient dans le liquide ou l'espace vide et sert, d'autre part, à compléter le volume du cylindre jusqu'à trois litres de gaz à la pression atmosphérique.

Quand le cylindre est entièrement rempli, c'est-à-dire lorsqu'on ne constate plus de bulles d'air dans les barboteurs, on ferme le robinet d'entrée. On abandonne au repos, pendant trois heures, le cylindre de déperdition surmonté de son électroscope. Ce laps de temps écoulé, on procède aux mesures.

CHAPITRE IV

APPLICATION DE LA MESURE DE LA RADIOACTIVITÉ AUX EAUX DE LA SALVETAT

La mesure de la radioactivité se ramène à une mesure de déperdition de charge, évaluée en fonction de la vitesse de chute de la feuille de l'électroscope, après que le gaz radioactif a séjourné trois heures durant dans le cylindre de déperdition. On admet, en effet, depuis P. Curie (9), que le courant d'ionisation passe par un maximum, trois heures environ après le remplissage du cylindre ; c'est donc à ce moment que la perte de charge sera le plus sensible et l'on a, par suite, tout intérêt à observer ce délai avant de procéder aux lectures.

Avant toute mesure, il faut déterminer la fuite spontanée qui était, pour notre appareil, de 0,01 division par seconde.

Il faut également tenir compte du volume d'eau

introduit dans la chaudière, à seule fin de pouvoir, par la suite, rapporter les résultats au litre.

En dernier lieu, il convient de noter le temps écoulé entre le prélèvement de l'eau et le moment où l'on a procédé à la mesure de sa radioactivité. En effet, la quantité d'émanation contenue dans les eaux conservées pour l'examen diminue avec le temps.

Le rayonnement radioactif subit une décroissance lente et c'est à P. Curie que revient le mérite d'avoir montré que la transformation de l'activité des corps radioactifs obéit à une loi très simple.

Le radium donne spontanément naissance, comme l'on sait, à un gaz émanation dont la vie est très courte ; l'expérience a montré que l'activité tombe à la moitié de sa valeur initiale en 3 jours 85 ; signalons, en passant que l'activité du thorium et celle de l'actinium se détruisent beaucoup plus vite : cinquante-quatre secondes pour la première et près de quatre secondes pour la deuxième suffisent, en effet, pour qu'elle perde la moitié de sa valeur initiale.

Curie a montré que la loi de décroissance de l'activité des corps radioactifs était une loi exponentielle, selon laquelle, si les temps varient en progression arithmétique, l'activité varie en progression géométrique.

Soit un corps possédant une radioactivité induite (eau ou gaz), ayant une intensité initiale I_0 et une intensité I au temps t (t étant le temps écoulé depuis le prélèvement) ; désignons par T la période de 3 jours 85 nécessaire pour qu'un corps ayant la radioactivité du radium perde la moitié de son activité :

$$I = \frac{I_0}{2}$$

La loi exponentielle se traduit ainsi :

Pour les temps : 0 ; T ; 2T ; 3T ; 4T

Pour les activités : I_0 ; $\frac{I_0}{2}$; $\frac{I_0}{2^2}$; $\frac{I_0}{2^3}$; $\frac{I_0}{2^4}$

Or $t = nT$

t est connu ainsi que T

$$n = \frac{t}{T} \quad \text{et} \quad I_t = \frac{I_0}{2^n} = \frac{I_0}{2 \times \frac{t}{T}}$$

$$\text{D'où } I_0 = I \times 2 \times \frac{t}{T}$$

$$\text{Par suite } \log. I_0 = \log. I + \frac{t}{T} \times \log. 2.$$

$$\log. I_0 = \log. I + \frac{t}{3,85} \times 0,30103.$$

$$\log. I_0 = \log. I + 0,078 \times t.$$

I et t étant connus, la détermination de I_0 , l'intensité au griffon est donc très rapide.

La mesure de la radioactivité d'une eau comporte donc deux phases bien distinctes lors des calculs :

1° Evaluer l'intensité radioactive au moment de la mesure (I) en fonction de la vitesse de chute de la feuille d'aluminium en appliquant la formule citée plus haut :

$$I \text{ (en millimicrocuries)} = 0,30 \times 73,4 \times \frac{v-f}{8,32}$$

2° Dédire de cette intensité au moment de la mesure l'intensité initiale, c'est-à-dire au griffon, de l'eau examinée, sachant que :

$$\log. I_0 = \log. I + 0,078 \times t$$

Nous donnons ci-dessous les calculs relatifs à la mesure de la radioactivité des trois principales sources de la Salvetat-sur-Agoût.

II. — RADIOACTIVITE DE LA SOURCE DU PONT

Au matin du 31 novembre 1933, nous avons procédé à une première mesure de la radioactivité de cette eau. Le montage ayant pour but d'extraire l'émanation de l'eau examinée était identique à celui que nous avons précédemment décrit ; le volume d'eau mis en chaudière était de 2 litres 700 ; par ailleurs, l'intervalle de temps qui séparait le moment de la mesure de celui du prélèvement était de 2 jours 79.

Le cylindre étant entièrement rempli, nous avons procédé, après trois heures d'attente, à une série de lectures, rendant compte de la chute de la feuille d'aluminium. L'électroscope étant préalablement chargé à l'aide d'un bâton en ébonite frotté sur une peau de mouton, nous avons pu constater que la feuille d'aluminium tombait :

de la division	40 à la divis.	60 soit de	20 divisions en	59 sec.
de la division	75 à la divis.	95 soit de	20 divisions en	60 sec.
de la division	75 à la divis.	115 soit de	40 divisions en	124 sec.
de la division	60 à la divis.	80 soit de	20 divisions en	60 sec.
de la division	50 à la divis.	70 soit de	20 divisions en	60 sec.

En prenant le nombre 60 secondes comme temps de chute moyen pour 20 divisions, la vitesse de chute, v , se trouve être de $20/60 = 0$ division 333 par seconde.

Calculs. — L'intensité radioactive au moment de la mesure est donnée par la formule

$$I = 0,30 \times 73,4 \times \frac{v - f}{8,32}$$

or, $v = 0,333$

$f = 0,01.$

$$\text{d'où } I = 0,30 \times 73,4 \times \frac{0,332}{8,32}$$

$$I = 22,02 \times \frac{0,332}{8,32}$$

$$I = 22,02 \times 0,04 = 0,8808.$$

Pour passer de l'intensité au moment de la mesure, I , à l'intensité initiale I_0 , appliquons la formule :

$$\log. I_0 = \log. I + 0,078 \times t$$

or $t = 2$ jours 79

$$\text{d'où } \log. I_0 = \log. I + 0,078 \times 2,79$$

$$\log. I_0 = \log. I + 0,217$$

$$\log. I_0 = \log. 0,8808 + 0,217$$

$$\log. I_0 = 0,94488 + 0,217 = 1,16188$$

$I_0 = 1,402$ pour le volume d'eau mis dans la bouilloire.

Par litre, l'intensité radioactive initiale était donc

$$\text{de } \frac{1,40}{2,7} = 0 \text{ millimicrocurie } 52.$$

2° Analyse

Au mois de février 1931, nous avons procédé à une deuxième mesure de la radioactivité de l'eau de la source du Pont. La quantité d'eau mise en chaudière était de 2 litres 600 ; l'intervalle de temps entre le prélèvement de l'eau et la mesure était de 4 jours 87. L'émanation ayant été extraite comme précédemment et le cylindre abandonné au repos trois heures durant, nous avons fait une série de lectures pour déterminer la vitesse de chute de la feuille de l'électroscope. Ces lectures furent les suivantes :

de la division 40 à la division 60 soit	20 divisions en 108 sec.
de la division 50 à la division 70 soit	20 divisions en 106 sec.
de la division 80 à la division 100 soit	20 divisions en 106 sec.
de la division 60 à la division 80 soit	20 divisions en 105 sec.
de la division 90 à la division 100 soit	10 divisions en 52 sec.
de la division 110 à la division 120 soit	10 divisions en 53 sec.
de la division 30 à la division 40 soit	10 divisions en 54 sec.
de la division 50 à la division 70 soit	20 divisions en 106 sec.

On peut considérer 53 secondes comme étant le temps de chute moyen pour 10 divisions,
d'où v , vitesse de chute par seconde est de 0 divis. 18,

$$f = 0,01$$

$$v - f = 0 \text{ division } 17.$$

L'intensité radioactive (I) au moment de la mesure est donnée par la formule

$$I = 0,30 \times 73,4 \times \frac{v - f}{8,32}$$

$$\text{ou } I = 22,02 \times \frac{0,17}{8,32} = 0,4492$$

D'où l'on peut facilement déduire l'intensité initiale au griffon, sachant que

$$\log. I_0 = \log I + 0,078 \times t$$

$$\log. I = \log. 0,4492 = 0,65244$$

d'où

$$\log. I_0 = 0,65244 + 0,078 \times t, \text{ or } t = 4,87$$

$$\log. I_0 = 0,65244 + 0,3798 = 1,03224$$

et par suite :

$$I_0 = 1,08$$

et par litre

$$1,08$$

$$I_0 = \frac{1,08}{2,6} = 0 \text{ millimicrocurie } 41.$$

Notons en passant que ce résultat est un peu inférieur à celui précédemment exprimé lors de notre première mesure de la radioactivité de cette eau le 31 novembre 1933.

III. — SOURCE DE L'HÔPITAL

En date du 6 novembre 1933, à 17 heures, nous fîmes un prélèvement de cette eau et le 8, à 15 heures, nous avons procédé à une première mesure de sa radioactivité. La quantité d'eau mise dans la bouilloire était de 2 litres 700, le temps écoulé depuis le prélèvement, de 1 jour 91.

Lectures. — La feuille d'aluminium chûtait de

de la division	40 à la divis.	80 soit de	40 divisions en 15 sec.
de la division	90 à la divis.	130 soit de	40 divisions en 17 sec.
de la division	20 à la divis.	60 soit de	40 divisions en 16 sec.
de la division	20 à la divis.	70 soit de	50 divisions en 20 sec.
de la division	30 à la divis.	80 soit de	50 divisions en 16 sec.
de la division	60 à la divis.	100 soit de	50 divisions en 18 sec.
de la division	40 à la divis.	90 soit de	50 divisions en 20 sec.

La vitesse de chute moyenne de la feuille d'aluminium peut être considérée comme étant donnée par les rapports 50/20 ou 40/16 soit 2 divisions 50 par seconde.

$$\text{Calculs.} \quad \text{It} = 0,30 \times 73,4 \times \frac{v - f}{8,32} ; \quad v = 2,50 \\ f = 0,01$$

$$\text{It} = 22.02 \times \frac{2,49}{8,32} = 6.568.$$

$$\text{It par litre} = \frac{6,568}{2,7} = 2.44.$$

$$\log. I_0 = \log. 2,44 + 0,078 \times 1.91 \\ I_0 = 3,44.$$

L'intensité radioactive initiale de la source de l'Hôpital est donc de 3 millimicrocuries 44 par litre.

2° Mesure

Des échantillons prélevés le 17 mai 1934 nous ont permis une deuxième mesure de la radioactivité de cette eau ; à cet effet, 2 litres 600 d'eau furent mis dans la bouilloire ; l'intervalle de temps entre le prélèvement et la mesure était de 3 jours 95. Les diverses lectures auxquelles nous procédâmes donnaient

une vitesse de chute moyenne de 1 division 76 par seconde.

Sachant que $v = 1,76$,

$t = 3$ jours 95,

$f = 0,01$,

on peut déduire l'intensité radioactive au temps t .

$$I = 0,30 \times 73,4 \times \frac{v - f}{8,32} = 0,30 \times 73,4 \times \frac{1,75}{8,32} = 4,621$$

$$I \text{ par litre} = \frac{4,624}{2,6} = 1,77.$$

Comme d'autre part :

$$\log. I_0 = \log. I \times 0,078 \times t$$

$$\log. I_0 = 0,24797 \times 0,30810 = 0,55.607$$

$$\log. I_0 = 0,55.607$$

il s'ensuit que :

I_0 intensité radioactive initiale = 3 millimicrocuries 60 par litre d'eau.

Dans notre première analyse du mois de novembre 1933, nous avons trouvé pour I_0 une valeur sensiblement voisine, quoique un peu inférieure. L'intensité initiale était, en effet, de 3 millimicrocuries 44 par litre. Il y a lieu de remarquer que l'analyse chimique permettait de conclure à un résidu salin de 85 milligrammes, alors qu'au mois de mai, l'extrait sec n'atteignait que 82 milligrammes. Ces résultats, quoique identiques à peu de choses près, démontrent, d'une part, que la radioactivité d'une eau est variable et que, d'autre part, ses fluctuations sont indépendantes de la minéralisation de l'eau ou de sa température.

IV. — SOURCE COMMUNALE

La mesure de l'intensité radioactive de cette eau fut faite au mois de février 1934.

La quantité d'eau utilisée était de 2 litres 500.

Les autres données étaient : $f_v = 0,01$ division par seconde ; v (vitesse moyenne de chute), 0,22 division par seconde ; $t = 3$ jours 08.

D'où I_t intensité au temps t s'exprimait par le rapport suivant :

$$I_t = 0,30 \times 73,4 \times \frac{0,21}{8,32} = 0,4515$$

et comme

$$\log. I_0 = \log. I + 0,078 \times t$$

$$\log. I_0 = 0,65466 + 0,2402 = 0,89486$$

$$\log. I_0 = 0,89486$$

$$I_0 = 0,78$$

$$I_0 \text{ p. litre} = \frac{0,78}{2,5} = 0 \text{ millimicrocurie 31 par}$$

litre.

Nous avons cru devoir dresser un tableau comparatif des radioactivités respectives des trois eaux examinées et faire figurer dans ce tableau les résultats auxquels étaient parvenus MM. Tarbouriech et Cas-sagne, lors de leur premier examen (en 1931), des eaux de la Salvetat au point de vue de leur caractère radioactif.

RADIO-ACTIVITE DES EAUX DE LA SALVETAT

Désignation des sources	Epoques de la mesure	Vol. d'eau (V en cc.) pris dans la chaudière	Intervalle de temps entre le prélèvement et la mesure (en jours)	Vitesse de chute corrigée en divisions par seconde	Quantité d'émanation contenue dans ces V cc. d'eau		Radioactiv. en millimier. et par litre d'eau
					Avant la cor- rection due au temps	Après	
Source du Pont	nov. 33	2.700	3,95	0,322	0,88	1,30	0,48
Source du Pont	Février 34	2.600	1,91	0,17	0,44	1,26	0,48
Source Communale	Avril 31	2.600	5 jours	1,22	3,22	6,41	2,14
Source Communale	Février 34	2.600	3,08	0,21	0,45	0,78	0,31
Source de l'Hôpital	avril 31	2.725	3,79	1,85	4,89	12,14	4,45
Source de l'Hôpital	6 nov. 33	2.700	4,87	2,49	6,56	9,28	3,44
Source de l'Hôpital	17 mai 34	2.600	2,79	1,75	4,62	9,36	3,60

Toutes ces déterminations ont été faites avec l'appareil de Cheveneau et Laborde fabriqué par la maison Fontaine. Les mesures faites en l'an 31 sont de MM. Tarbouriech et Cassagne.

Les résultats auxquels nous sommes parvenus, consignés dans ce tableau, démontrent clairement que les eaux de la Salvetat-sur-Agoût possèdent une radioactivité certaine, nettement supérieure même pour la source de l'Hôpital à celle de certaines eaux minérales réputées pour être radioactives et dont nous donnons ci-dessous le degré radioactif.

LOCALITÉ	SOURCE	RADIOACTIVITÉ EN MLLÉNAIRES
Le Boulou	Etablissement	0,33
»	Saint - Martin	0,50
»	Clémentine	1,28
Balaruc		1,28
Eaux - Bonnes ..		0,66
Eau des Abatilles..		0,10
Alet	Orientale	1,91
La Salvetat	Communale	2,14
»	Hôpital	4,45

C'est donc à juste titre que M. le Professeur Tarbouriech affirmait que la radioactivité n'est point le privilège des seules eaux minérales et que la mesure de la radioactivité a sa place toute indiquée dans toute analyse d'eau domestique.

Les eaux de la Salvetat présentent donc, à un degré assez élevé, ce caractère radioactif.

Il est curieux de noter que cette radioactivité subit des fluctuations qui peuvent être considérables ainsi que l'on peut s'en rendre compte aisément en comparant les résultats obtenus pour une source à ceux exprimés lors d'une analyse antérieure de cette même source, deux ans plus tôt. C'est ainsi que la source communale a vu sa radioactivité décroître de 2 millimicrocuries 14 à 0 mmc. 31 d'avril 1931 à novembre 1933 ; dans le même temps, celle de la Source de l'Hôpital est passée de 4 mmc. 45 à 3 mmc. 44, pour remonter, 6 mois plus tard, à 3 mmc. 60, ce qui semblerait indiquer que toutes les fluctuations du degré

radioactif ne tendent pas nécessairement et d'une manière uniforme vers la diminution ou la disparition de ce caractère radioactif.

Par ailleurs, les exemples que nous avons pris témoignent surabondamment qu'il n'y a aucun rapport entre la minéralisation ou la température d'une eau et sa radioactivité d'autre part.

Ainsi se trouvent démontrées les conclusions que le père du radium, l'illustre P. Curie, avait formulées à la suite de l'examen d'un certain nombre d'eaux minérales (9).

« La radioactivité des sources n'est pas constante, mais éprouve des oscillations spontanées importantes. Quand une source ne contient pas de radium, l'émanation du radium qu'elle renferme doit provenir des terrains traversés par les eaux. Des sources très voisines peuvent avoir une radioactivité très différente.

» Il ne semble pas exister de relation entre la radioactivité d'une source et la température de ses eaux ; parmi les sources radioactives, il en est de chaudes et de froides. Les sources les plus actives se rencontrent dans les terrains formés par les roches éruptives anciennes ».

QUATRIEME PARTIE

MESURE DE LA RESISTIVITÉ ÉLECTRIQUE

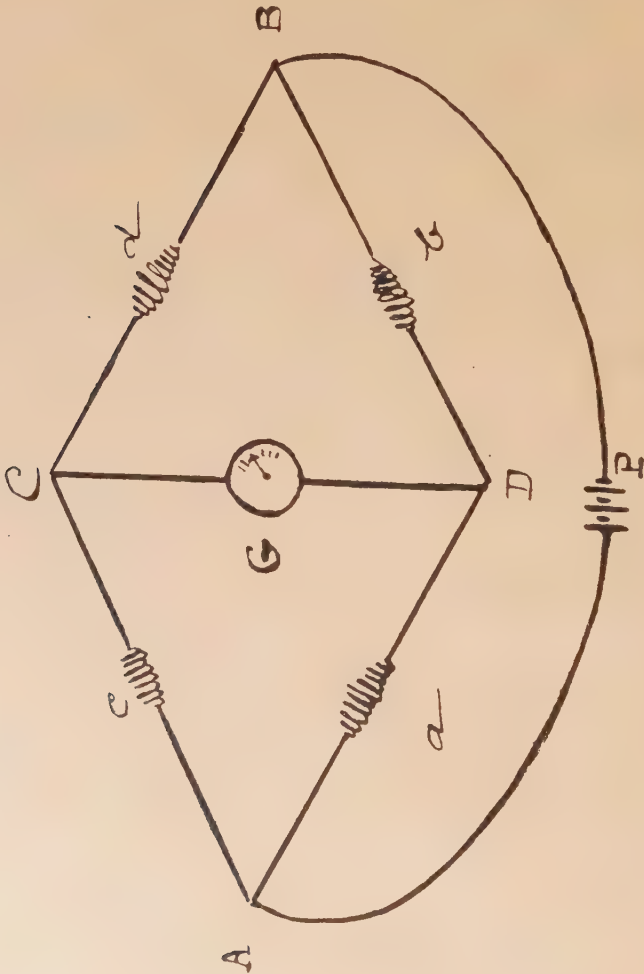
La résistance spécifique ou résistivité d'une solution est la résistance que cette solution oppose au passage d'un courant électrique sous une épaisseur de 1 cm. et une section de 1 cm². Elle s'exprime en ohms. centimètres.

La conductibilité électrique est l'inverse de la résistivité. Pour une température donnée la conductibilité dépend de la quantité d'ions que cette solution renferme ; elle est indépendante des molécules.

L'eau chimiquement pure n'est pas conductrice, mais une eau est d'autant plus conductrice qu'elle a dissous plus de matières salines, ce qui revient à dire que la résistivité d'une eau est en raison inverse de sa minéralisation. Sa détermination constitue le procédé officiel, aujourd'hui employé, pour vérifier la constance de composition des eaux minérales, et, le cas échéant, en constater les variations. « C'est une notion équivalente à celle de l'extrait sec, mais combien plus précise et obtenue par une méthode simple, rapide, donc facilement renouvelable ».

La mesure de la résistivité est basée sur le fonctionnement du pont de Whéastone dont nous donnons ci-dessous le schéma.

Quatre résistances variables, AC, AD, CD, DB disposées suivant la figure, sont réunies d'une part, aux bornes d'une pile; et, d'autre part, aux bornes d'un galvanomètre.



Pour simplifier, appelons a , b , c , d , les résistances AD , DB , AC , CD ; faisons-les varier de façon à ce que le courant ne passe plus entre C et D . Le galvanomètre marque zéro.

A ce moment C et D , sont au même potentiel. Un calcul simple donne :

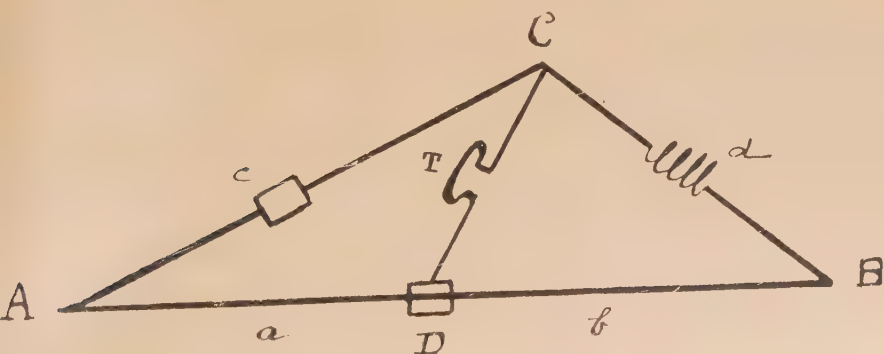
$$\frac{a}{b} = \frac{c}{d} \quad \text{d'où on peut tirer } c = d \times \frac{a}{b}$$

Cette équation montre que l'on peut déterminer une résistance connaissant les trois autres. Si nous prenons la résistance d constante, l'inconnue c ne

dépend plus que du rapport $\frac{a}{b}$ ou bien core, si $\frac{a}{b}$

est constant, c ne dépend plus que de d .

Pour mesurer la résistivité, nous avons utilisé le dispositif du pont à fil ou de Kolrausch.



Le trajet précédent ADB est remplacé par un fil métallique de section uniforme et homogène, placé sur une règle graduée. Sur ce fil, se déplace un cur-

seur D qui est l'extrémité du fil CD. En donnant à d une valeur fixe, la valeur de c se déduit de la valeur

a

du rapport — donné par une simple lecture de la

b

règle graduée.

On sait encore que pour la mesure de la conductivité des électrolytes, il est indispensable d'utiliser un courant alternatif. Avec un courant continu, on aurait, en effet, toute une série de causes d'erreur qui fausseraient les mesures : le liquide s'altère dès que le courant passe et ce que l'on mesure n'a bientôt plus rien de commun avec le liquide initial ; d'autre part, on engage des réactions secondaires au niveau des électrodes qui subissent les phénomènes de polarisation et sur lesquelles se forment, en quelque sorte, de petites piles accessoires dont le courant propre peut s'ajouter ou se retrancher du courant à mesurer (forces contre électromotrices de polarisation). On emploie donc un courant alternatif avec lequel l'électrolyse et la polarisation seront nuls si les alternances du courant sont rapides (300 à 500 fois par seconde). Ce courant est fourni par le secondaire d'une petite bobine de Rhumkorff à trembleur que l'on alimente au moyen d'un accumulateur de 2 volts ou de 2 accumulateurs de 2 volts chacun. Le galvanomètre doit être alors remplacé par un téléphone (T.). L'équilibre du pont est réalisé lorsqu'on obtient le minimum de son. Dès lors, il suffit de placer en c la résistance à mesurer constituée par le liquide à analyser, dans lequel plongent entièrement deux électrodes en platine, recouvertes de noir de platine par électrolyse. Un thermomètre est plongé dans

la cuve pour indiquer la température du bain, les mesures se faisant habituellement à 18°.

Le fil de platine théoriquement de section uniforme (15/100 de mm. sur toute sa longueur : 1 mètre), présente, en réalité des différences de diamètre pouvant donner des erreurs considérables, qui nécessitent de l'étalonner en déterminant pour toutes les positions du curseur les valeurs correspondantes en ohms-centimètres ; on dresse un tableau permettant de faire les corrections nécessaires.

Il faut également déterminer la constante de cuve. En effet si R est la résistance trouvée pour l'électrolyte examiné et r la résistivité à déterminer, on sait que :

$$R = r \frac{l}{s}, \quad l \text{ et } s \text{ correspondant à la surface des}$$

électrodes et à leur écartement

$$r = \frac{R}{\frac{l}{s}} = R \times \frac{s}{l}$$

Le rapport $\frac{s}{l}$ pour une cuve déterminée où les

électrodes demeurent identiques et, à distance égale constitue une constance k, dite constante de cuve.

d'où $r = R \times k$.

Pour mesurer k on utilise une solution étalon dont on connaît la résistivité ; c'est une solution cinquantinormale de chlorure de potassium, qui a une résistivité de 416,8 ohms centimètres à 18°. On mesure la résistance R à 18° et on déduit k, constante de cuve puisque

$$r = R \times k$$

$$416, \text{ w-cm. } 8 = R \times k$$

$$416,8$$

$$\text{D'où } k = \frac{\text{---}}{R} \text{ ohms-centimètres}$$

La détermination de la résistivité d'un électrolyte quelconque, d'une eau par exemple se ramène désormais, k étant déterminé, à mesurer sa résistance R_1 à 18° sachant que :

$$\alpha = \text{résistivité en ohms cm. à } 18^\circ = R_1 \times k$$

De la résistivité α on déduit la conductibilité λ qui est l'inverse de la résistivité

$$\lambda = \frac{1}{\alpha}$$

Pour les eaux de la Salvetat-sur-Agoût auxquelles nous nous sommes intéressés, nous sommes parvenus aux résultats suivants :

	Résistivité en ohms cm., à 18°	Conductivité
Source du Pont ..	$\alpha = 5.400 \text{ } \omega\text{-}/\text{cms}$	$\frac{1}{\alpha} = 1 \times 10^{-4}$
Source Communale	$\alpha = 4.218 \text{ } \omega\text{-}/\text{cms}$	$\frac{1}{\alpha} = 2 \times 10^{-4}$
Source de l'Hôpital	$\alpha = 2.150 \text{ } \omega\text{-}/\text{cms}$	$\frac{1}{\alpha} = 4 \times 10^{-4}$

Il est aisé de se rendre compte que comme prévu, l'eau la plus minéralisée, à savoir celle de la Source de l'Hôpital présente la résistivité la plus faible.

CINQUIEME PARTIE

ANALYSE BACTERIOLOGIQUE

CHAPITRE PREMIER

TECHNIQUE BACTÉRIOLOGIQUE

PRISE DES ECHANTILLONS.— Nous avons prélevé des échantillons dans des flacons en verre, très propres, stérilisés et bouchés avec un tampon de ouate et fermés après le prélèvement par un bouchon de liège neuf. Flacons et bouchons étaient enveloppés de papier blanc résistant ; ils furent, avant l'opération, stérilisés à l'étuve à 180°. Chaque flacon avec son bouchon était aussitôt enfermé dans un étui métallique et nous avons stérilisé le tout à l'autoclave à 180°.

Les prises d'échantillons ont été faites d'une façon rigoureusement aseptique de façon à éviter toute cause de contamination par les mains ou l'extérieur. Pour chacune des eaux à examiner, nous avons rempli deux flacons stérilisés afin de pouvoir procéder, pour chaque examen, à une contre-épreuve. Nos flacons furent remplis aux bornes-fontaines de l'endroit qui, comme nous l'avons dit, coulent sans arrêt jus-

qu'au début des fortes chaleurs. Goulots et flacons furent flambés à la lampe à alcool, avant et après le remplissage ; les flacons pleins étaient aussitôt cachetés à la cire.

Immédiatement après nos prises, tous nos étuis métalliques renfermant nos flacons étaient placés dans de la glace pour toute la durée du transport au laboratoire.

Lesensemencements furent faits douze heures environ après le prélèvement des échantillons, en mai, à 7 heures du matin.

METHODE.— Nous avons cru devoir suivre dans nos analyses les techniques classiques enseignés dans nos travaux pratiques de la Faculté de Pharmacie de Montpellier.

I. — ANALYSE QUANTITATIVE

NUMÉRATION DES GERMES AÉROBIES (Recherche de la contamination totale de l'eau).

La composition du milieu habituellement usité, varie suivant la saison où l'on opère. En hiver, on utilise le mélange suivant :

Gélatine extra fine	80	grs
Peptone Billault	20	»
NaCl	5	»
Eau distillée q. s. p.	1000	cc.
tandis qu'en été on adopte comme formule :		
Gélatine	120	grs
Gelose	10	»
Peptone Billault	20	»
NaCl	5	»
Eau distillée q. s. p.	1000	cc.

Pour chaque échantillon d'eau nous avons préparé deux pipettes stériles, obturées avec du coton et étirées afin de donner 50 gouttes au cc. ; trois boîtes de Petri stériles, étiquetées I, II, III ; trois tubes de bouillon gélatiné, maintenu en fusion à 38°, 40°.

Pour pratiquer lesensemencements, nous secouons doucement le flacon d'échantillon d'eau pour le bien mêler ; le goulot du flacon flambé, nous débouchons et flambons le goulot ouvert. Avec une pipette donnant 50 gouttes au cc., nous prélevons un peu d'eau ; nous entr'ouvrons successivement chaque boîte de Petri et nous laissons tomber :

Dans la boîte I : I goutte soit 1/50 de cc.

» » » II : II » » 1/25 »

» » » III : V » » 1/10 »

Dans chaque boîte, nous versons le contenu d'un tube de bouillon gélatiné. Nous mélangeons en balançant doucement la boîte et faisons refroidir rapidement sur une plaque de marbre pour avoir une solidification totale et homogène. Les boîtes étant renversées, le fond en haut, et maintenues à l'obscurité à 20° environ, nous les examinons de 24 en 24 heures, jusqu'au quinzième jour, en pointant chaque jour les nouvelles colonies apparues. Le quinzième jour nous totalisons les colonies apparues sur chaque boîte et nous multiplions

par 50 le total de la boîte I (dilution à 1/50)

» 25 » » » II (» 1/25)

» 10 » » » IV (» 1/10)

La moyenne des trois résultats donne le chiffre définitif de germes par cc. Lorsque la liquéfaction survient avant le quinzième jour, on évalue le nombre de colonies au quinzième jour en multipliant le total

observé au jour précédent par le coefficient correspondant donné par les tables de H. Vincent en hiver et de Miquel en été.

II. — ANALYSE QUALITATIVE

COLIMÉTRIE. — La spécification des espèces microbiennes formant la flore d'une eau constitue une recherche très délicate et les divers procédés d'isolement des bactéries aboutissent uniquement à la recherche du colibacille depuis que Rodet et Roux sont arrivés, par leurs travaux, à considérer le « *Bactérium Coli commune* » comme une variété du bacille d'Eberth.

Du nombre de colibacilles renfermés dans une eau, s'infère une contamination plus ou moins rapprochée par des matières fécales. Nous isolons le coli selon la technique de Vincent : culture du bacille coli sur un milieu phéniqué à 41°5. Pour chaque échantillon d'eau nous préparons 5 tubes stériles contenant chacun 10 cc. d'eau peptonée phéniquée stérile de formule :

Peptone de Billault	10	grs
NaCl	5	»
Solution d'acide phéniq. à 5 %	17	cc.
Eau distillée q. s. p.	1000	cc.

et deux tubes stériles contenant 20 cc. de ce même milieu.

5 ballons stériles de 250 à 300 cc. ; plusieurs pipettes stériles : 1 donnant 30 gouttes au cc. ; 2 de 1 ou 2 cc., graduées au 1/10 de cc. ; 1 de 5 cc. ; 1 de 10 cc. ; 1 de 20 cc. ; 1 de 50.

On prépare, en outre 20 cc. de la solution peptonée concentrée stérile :

Peptoné Billault	50 grs
Na-Cl	25 »
Eau distillée	100 cc.

et, enfin, 10 cc. d'une solution d'acide phénique à 5/100.

Aseptiquement, on répartit dans les cinq tubes contenant 10 cc. d'eau peptonée phéniquée : 0 cc. 05 ; 0 cc. 10 ; 0 cc. 25 ; 0 cc. 50 ; 1 cc. d'eau à analyser — dans les tubes contenant 20 cc. d'eau peptonée phéniquée, 2 cc., 5 cc. d'eau à examiner — dans les ballons stériles : 10 cc., 20 cc., 50 cc., 100 cc. 200 cc. d'eau et nous ajoutons dans les ballons 0 cc. 2 d'eau peptonée phéniquée concentrée, par 10 cc. d'eau, pour obtenir une dilution de peptone à 1/100 comme dans les tubes.

Toutes ces mesures, très aseptiquement effectuées avec des pipettes exactement graduées et aseptiques, nous avons ajouté avec une pipette stérile donnant XXX gouttes au cc., 5 gouttes de solution d'acide phénique à 5/100 par 10 cc. de liquide. Après avoir mélangé doucement, nous avons porté à l'étuve à 41°-42°, pendant 20 heures, tous nos tubes et ballons soigneusement numérotés. Ce temps étant écoulé, on examine les milieux où le colibacille s'est manifesté par un trouble uniforme avec ondes moirées, sans voile à la surface. Parmi les récipients présentant de tels caractères, on choisit les deux tubes ou les deux ballons contenant le moins d'eauensemencée. On prélève une goutte et l'on vérifie les caractères morphologiques et de coloration du colibacille, à savoir :

Bacille court, peu mobile, ne prend pas le Gram.

Coagule et rougit le lait tournesolé.

Dégage des gaz en milieu lactosé, carbonaté (milieu de Grimbert et Legros).

Décolore et jaunit avec fluorescence le bouillon au rouge neutre de Rochaix et le milieu au papier rouge neutre de Hollande.

Donne des colonies rouges cantharidées avec dégagement gazeux sur gélose d'Endo au lactose - sulfite - fuschine.

En eau peptonée, donne la réaction de l'Indol.

On peut procéder à des repiquages, avec passage toutes les 4 ou 5 heures, sur eau peptonée phéniquée pour isoler le bacille et l'ensemencer sur milieu lactosé carbonaté, sur lait tournesolé, bouillon au rouge neutre, et milieu de Endo en surface et en profondeur.

Les modifications caractéristiques de ces divers milieux ayant permis l'identification du Bacille coli on en fait la numération. Le tube ou le ballon ensemencé avec la plus petite quantité d'eau et qui présente du colibacille est considéré comme ayant reçu un seul colibacille ; ainsi, si le tube 5 contenant 1 cc. d'eau, est le premier tube dans la série, présentant une culture de coli, nous concluerons que l'eau examinée contient 1 coli S au cc. ou 1000 au litre.

RÉCHERCHE DES ANAÉROBIES

Les bactéries anaérobies strictes, formant une partie de la flore intestinale et des milieux en putréfaction, leur recherche est très intéressante dans une eau d'alimentation. Nous effectuons cette recherche suivant le procédé de Vignal dans un tube stérile contenant le milieu suivant :

Gélatine	15 gr.
Glucose	1 gr.
Chlorure de Sodium	0 gr. 5
Glycérine	0 gr. 5
Eau	100

Après l'avoir privé d'air par ébullition, on le maintient au bain-marie à 35°, 40°, et on l'additionne avant l'emploi, de quelques gouttes de sulfoindigotate de soude ; puis, avec toutes les précautions d'usage, on l'ensemence de 0 cc. 5 d'eau à examiner et l'on aspire ce mélange dans un tube multicoudé stérile de Vignal dont on scelle les extrémités à la lampe. On le conserve pendant 15 jours, à 20° environ, en notant s'il y a lieu l'apparition de colonies floconneuses liquéfiant et décolorant la gelatine, considérées comme provenant de bactéries anaérobies strictes.

INTERPRÉTATION DES RÉSULTATS

En se reportant aux tables de Vincent, on interprète les résultats relatifs au nombre de colibacilles au litre.

Les estimations données par les tables de Miquel permettent l'appréciation des échantillons d'eau d'après le nombre de germes totaux au cc.

Pour avoir des résultats plus absolus, la même méthode d'analyse fut suivie pour tous les échantillons prélevés et nous avons consigné ces résultats dans le chapitre suivant.

CHAPITRE II

RESULTATS ANALYTIQUES

Dans ce dernier chapitre, nous avons tenu à consigner, non seulement les résultats analytiques relatifs à l'analyse bactériologique des eaux examinées, mais encore, pour chacune d'elles, l'analyse physico-chimique correspondante, de façon à dresser un tableau complet des caractères que révèlent à l'analyse les eaux de la Salvetat-sur-Agoût.

Pour chaque analyse physico-chimique, nous mentionnerons les conditions de prélèvement, les caractères organoleptiques, l'analyse hydrotimétrique, l'analyse minérale, enfin les caractères physiques.

Chaque analyse bactériologique sera présentée dans l'ordre suivant : conditions de prélèvement, de transport et de mise en culture - analyse quantitative avec la numération des germes - analyse qualitative avec la recherche et la numération du colibacille.

I. — SOURCE COMMUNALE

ANALYSE CHIMIQUE DU 24 FÉVRIER 1934

Conditions de prélèvement

Endroit : Borne-fontaine.

Heure : 15 heures.

Vent : Nul.

Etat atmosphérique avant : Beau

» » pendant : id.

Température de l'air 20°

» de l'eau 14°

Caractères Organoleptiques

Odeur : Nulle.

Aspect : Limpide.

Couleur : Incolore.

Saveur : Agréable.

Conservation : Bonne.

Hydrotimétrie

Degré total 3°.

Degré permanent

Recherches Chimiques ()*

Résidu sec à 120°	28.00
Résidu au rouge	20.00
Perte au rouge	8.00
Somme silice, for. alumine	3.00
Chaux en Cao	2.50
Magnésie en Mgo	0.72
Alcalinite en mmgs $\text{SO}^4 \text{H}^2$	104.00

(*) Les résultats pondéraux sont exprimés en mmgrs et par litre d'eau.

Matières organiques en milieu alcalin	0,8
Sulfates en (SO^3)	2.72
Chlorures en Na Cl	12.00
Nitrites (NO^2H)	Néant
Nitrates (NO^3H)	tracés
Ammoniaque libre (NH^3)	Néant
Ammoniaque albuminoïde (NH^3)	Néant
Phosphates (P^2O^5)	Néant
Gaz totaux dissous à 0° et sous 760 mm. de Hg en cc.	45

Caractères Physiques

Résistivité à 18° en ohms-cm, (w-cm) ...	4.218
Conductivité à 18°, 1/w-cm.....	2×10^{-4}
Radioactivité en millimicrocuries par litre d'eau	0,34

Conclusion : Eau bonne quoique trop peu minéralisée, notamment en sels de Calcium et Magnésium. Radioactivité faible.

ANALYSE BACTÉRIOLOGIQUE

Conditions de prélèvement

Date : 17 mai 1935, à 14 heures.

Endroit : borne-fontaine.

Température de l'air : 20°.

Température de l'eau : 16°.

Transport : immédiat dans la glace.

Nombre de colibacilles au litre :

Procédé Vincent

0

Procédé Rochaix

0

Nombre de germes aérobies au cc.

350

Nombre de moisissures

0

Nombre de germes liquéfiant la gélatine

8

Liquéfaction des plaques de gélatine : partielle au
 15^e jour
 Odeur : Pas d'odeur
 Nombre de germes anaérobies : 0

Conclusions

Estimation : Vincent (Coli) Eau pure
 » : Miquel (Germes) Eau pure
 Conclusion générale : Eau très bonne

II. — SOURCE DE L'HOPITAL

ANALYSE CHIMIQUE DU 6 NOVEMBRE 1933
 ET DU 17 MAI 1934

Conditions du prélèvement

	6 Nov.	17 Mai
Endroit	Fontaine de l'Hôpital	
Heure	14 h.	12 h.
Vent	nul	
Etat atmosphérique avant	sec	
Etat atmosphérique pendant	sec	
Température de l'air	19°	18°
Température de l'eau	14°	12°

Caractères organoleptiques

Odeur	Nulle
Aspect	Limpide
Couleur	Incolore
Saveur	Agréable
Conservation	Bonne

Hydrotimétrie

Degré total	7°5	9°
Degré permanent	4°	5°5

Recherches Chimiques

Résidu sec à 120°	85,00	82,00
Résidu au rouge	59,00	55,00
Perte au rouge	26,00	27,00
Somme silice, fer, alumine	5,00	6,00
Chaux en Cao	17,00	19,00
Magnésie en Mgo	3,60	3,90
Albalinité en milligrammes $\text{SO}^4 \text{H}^2$	180,00	160,00
Matières organiques en milieu alcalin	1,00	1,00
Sulfates en SO^3	5,78	5,34
Chlorures en NaCl	15,00	14,00
Nitrites ($\text{NO}^2 \text{H}$)	0	0
Nitrates ($\text{NO}^3 \text{H}$)	0	0
Phosphates. $\text{P}^2 \text{O}^5$	traces	0
Ammoniaque libre (NH^3)	0	0
Ammoniaque albuminoïde (NH^3)	0	0
Gaz totaux à 0° et sous 760 mm. de Hg en cc.	35	40

Caractères Physiques

Résistivité à 18° en ohms cm. (w-cm.)	2150
Conductivité à 15° 1/w.cm.	$4 \times 10 - 4$
Radioactivité en millimicrocuries par litre	3,44 3,60

Conclusion

Eau très bonne. Radioactive.

Analyse Bactériologique

Date : 18 mai 1935 ; 14 heures, transport dans la glace

Endroit : Fontaine de l'Hôpital

Température de l'air : 22°

Température de l'eau : 16°

(*) Les résultats pondéraux sont exprimés en mmgrs et par litre d'eau.

Nombre de colibacilles au litre

Procédé Vincent 0

Procédé Rochaix 0

Nombre de germes aérobies au cc. 450

Nombre de moisissures 0

Nombre de germes liquéf. la gélatine 7

Liquéfaction des plaques de gélatine : Partielle au
15^e jour

Odeur Pas d'odeur caractéristique

Nombre de germes anaérobies 0

Conclusion

Estimation Vincent (Coli) Eau pure

Estimation Miquel (germes) Eau pure

Conclusion générale

Eau très bonne - Radioactive

III. — SOURCE DU PONT

ANALYSE CHIMIQUE DU 10^e FÉVRIER 1934

Endroit : auge cimentée.

Heure : 15 heures.

Vent : nul.

Etat atmosphérique avant : beau.

pendant : »

Température de l'air 18°

Température de l'eau ... 14°

Caractères organoleptiques

Odeur nulle.

Aspect limpide.

(1) Les résultats pondéraux sont exprimés en milligrammes et par litre d'eau.

Couleur	incolor.
Saveur	fraîche.
Conservation	parfaite.

Hydrotimétrie

Degré total	3°.
Degré permanent	

Recherches Chimiques ()*

Résidu sec à 120°	28.00
Résidu au rouge	20.00
Perte au rouge	8.00
Somme silice, fer, alumine	3.00
Chaux en Cao	2.50
Magnésie en Mgo	1.08
Alcalinité en mmgrs de $\text{SO}^4 \text{H}^2$	106.00
Matières organiques en milieu alcalin	1.00
Sulfates en SO^3	1.36
Chlorures en NaCl	12.00
Nitrites (NO^2H)	Néant
Nitrates (NO^3H)	traces
Phosphates (P^2O^5)	Néant
Ammoniaque libre (NH^3)	0
Ammoniaque albuminoïde (NH^3)	0
Gaz totaux à 0° et sous 760 mm. de Hg en cc.	60

Caractères Physiques

Résistivité à 18° en ohms cm. (w-cm.)	5.400
Conductivité à 18°, 1/w-cm.	1×10^{-4}
Radioactivité en millimicrocuries par litre	0.52

Conclusion

Eau bonne. Quoique trop peu chargée en sels de Calcium. Radioactivité faible.

(*) Les résultats pondéraux sont exprimés en mmgrs et par litre d'eau.

Analyse Bactériologique

Conditions de prélèvement :

Date : 18 mai 1935, 15 heures.

Endroit : Auge cimentée.

Température de l'air : 23°.

Température de l'eau : 18°.

Transport : Rapide, dans la glace.

Nombre de colibacilles au litre :

Procédé Vincent 0

Procédé Rochaix 0

Nombre de germes aérobies au cc. 300

Nombre de moisissures au cc. 0

Nombre de germes liquéfiant la gélat. 8

Liquéfaction des plaques de gélatine : partielle au
15^e jour

Odeur

Pas d'odeur

Conclusion

Estimatin Vincent (Coli) : Eau pure.

Estimation Miquel (germes) : Eau pure.

Conclusion générale

Eau très pure, très potable, légèrement radioactive.

RESUMÉ ET CONCLUSIONS

Au début de cet ouvrage, nous nous sommes attachés à mettre en relief la structure géologique des terrains archéens qui constituent le territoire d'alimentation des eaux de la Salvetat-sur-Agoût. Nous avons montré comment un lent travail de désagrégation dû aux éléments atmosphériques avait peu à peu transformé la roche primitive, gneiss ou granite en une arène extrêmement peu perméable, recouvrant tout ce haut pays. Ainsi s'explique l'absence de sources importantes et la pénurie d'eau relative dont souffre, en été, cette coquette bourgade.

Par ailleurs, l'analyse de ces eaux nous a révélé une eau extrêmement peu minéralisée et d'une potabilité indiscutable. Les eaux de la Salvetat peuvent être considérées comme des eaux-types de terrains granitiques, à minéralisation excessivement faible, trop pauvres malheureusement en éléments calciques.

De l'analyse physique des trois sources que nous avons eu à étudier, nous retiendrons, comme une pro-

priété commune leur caractère radioactif que l'on doit attribuer, semble-t-il, à la présence de micas blancs, très abondants comme nous l'avons montré, dans cette région, qu'il s'agisse de l'arène granitique ou des filons de granulite qui la traversent.

La mesure de la radioactivité a donc particulièrement retenu notre attention : après un exposé détaillé des méthodes et appareils utilisés pour cette détermination nous avons dressé un tableau des radioactivités respectives des trois sources, à diverses époques, afin d'en mieux saisir les variations et le sens de ces variations. C'est ainsi que nous avons pu établir que ce caractère radioactif était extrêmement variable, pour une source donnée et que ses fluctuations ne tendent pas nécessairement vers sa disparition. Nous avons pu vérifier qu'il n'y a aucun rapport entre le degré radioactif d'une eau, d'une part et sa composition chimique ou sa température d'autre part. Il faut admettre, avec le Père du radium, P. Curie que, seule, la nature géologique des terrains traversés peut influencer sur la radioactivité d'une eau, et que cette radioactivité peut être, avec raison, considérée comme le sceau des roches éruptives.

En dernier lieu, l'analyse bactériologique des eaux de la Salvetat nous a permis de confirmer leur potabilité excellente.

Ainsi, cette localité, déjà si privilégiée par la fraîcheur de son climat, et le charme de sa végétation des plus riantes peut-elle s'enorgueillir de posséder des eaux excellentes et radioactives, attrait supplémentaire à coup sûr, pour qu'elle soit appelée sous peu à prendre rang parmi les stations climatiques et de repos les plus réputées.

BIBLIOGRAPHIE

- 1 ASTRUC (A.) et JADIN. — Précis d'hydrologie et minéralogie.
- 2 BECQUEREL (J.). — La Radioactivité et les transformations des éléments.
- 3 BLAYAC. — Cf. Recueil des travaux du conseil départemental d'hygiène et des commissions sanitaires de l'Hérault.
- 4 BOULE. — Carte géologique (*Monde Sud-Ouest*).
- 4 bi. CANAL. — Cours de physique de la Faculté de Pharmacie.
- 5 CASSAGNE (H.). — Contribution à la connaissance des eaux d'alimentation. *Thèse Doctorat Pharmacie Montpellier*.
- 6 CHENEVEAU (C.). — Le Radium, 1904, n° 6, p. 181.
- 7 CHENEVEAU et LABORDE. — Journal de physique 1909, t. 8, 4^e série, page 161.
- 8 CURIE (P.). — Œuvres, page 591.
- 9 — Traité de radioactivité, t. 1, page 211 et suivantes.
- 10 — Œuvres, p. 375.
- 11 CURIE (Mme). — Traité de la Radioactivité. Gauthier-Villars, 2 v.
- 12 — Ann. Ch. Phys., septembre-octobre-novembre 1903.
- 13 CURIE et LABORDE. — Sur la radioactivité des gaz qui proviennent de l'eau des sources thermales. *C. R. Ac. Sc. T.* 142, n° 25.
- 14 CORREIL. — Les eaux potables.
- 15 DOPTER et SACQEPÉE. — Précis de Bactériologie.
- 16 FAUCON (M. A.). — Leçons d'hydrologie. Programme des cours d'été 1915.
- 17 GUIART et GRIMBERT. — Précis de diagnostic chimique, microscopique et parasitologique 1922.
- 18 JUILLET (A.) et GALAVIEILLE (L.). — La pratique microscopique.
- 19 LABORDE. — Le Radium 1904, numéro 1, page 1. 1905, numéro 2, page 386.
- 20 MACÉ (E.). — Traité pratique de Bactériologie.
- 21 MAHEU. — Les eaux souterraines.

- 22 MEDAILLE (A.). — Mesures en Radioactivité. Bulletin Pharmacie S. E. 1931, n° 10.
- 23 MEDAILLE (A.). — Radioactivité des vins de France. *Thèse Doctorat Pharmacie, Montpellier.*
- 24 MOSNY et CHANTEMESSE. — Traité d'hygiène. Approvisionnement communal.
- 25 PIERRY et M(LHAUD. — Les Eaux minérales radioactives; Paris 1924.
- 25 bis POUVY. — Les Eaux minérales du Mazel des Laubies 1932.
- 26 ROCHAIX (A.). — Leçons de Bactériologie.
- 27 SODDY (Fr.). — Le Radium (traduction A. Lepaje). Félix Alcan.
- 28 SIGALAS. — Précis de Physique appliquée à la Pharmacie.
- 29 SOUBEIRAN (G. Léon). — Traité de minéralogie, de géologie et des eaux souterraines.
- 30 TARBOURIECH (P. J.) et CASSAGNE. — Bulletin Société Chimique 1931, t. 49, page 853.
- 31 TARBOURIECH et CASSAGNE. — Communication à la Société Chimique de France; section de Montpellier, le 2 juillet 1932.
- 32 KLÈS (Fred.). — Précis de Chimie Physique à l'usage des étudiants en médecine.

En ma qualité de Censeur de
tour, j'ai lu la thèse ayant pour
titre:

« Les eaux d'alimentation
de la Salvetat-sur-Agoût (Hérault)
Leurs propriétés radioactives
par M. A. SALVETAT

Je pense que la Faculté peut
en permettre l'impression.
Montpellier, le 10 juin 1935.

Le Professeur,

ASTRUC.

Vu:

Montpellier, le 6 juin 1935.

Le Doyen,
EUZIERE.

Vu et permis d'imprimer:
Montpellier, le 12 juin 1935.

Le Recteur,
TAILLIART.

TABLE DES MATIERES

AVANT-PROPOS	9
PREMIERE PARTIE	
<i>Etude géographique et géologique</i>	
CHAPITRE I. — La Salvetat-sur-Agoût. - Notions géologiques et particularités hydrologiques	15
DEUXIEME PARTIE	
<i>Analyse chimique</i>	
CHAPITRE I. — Description des méthodes d'analyse utilisées	23
CHAPITRE II. — Analyse de la source communale	29
CHAPITRE III. — Source de l'Hôpital	35
CHAPITRE IV. — Source du Pont	38
TROISIEME PARTIE	
<i>Radioactivité des Eaux de La Salvetat</i>	
CHAPITRE I. — Intérêt de cette étude	43
CHAPITRE II. — Définition de la Radioactivité	48
CHAPITRE III. — Mesure de la Radioactivité	53
CHAPITRE IV. — Application aux eaux de La Salvetat	64
QUATRIEME PARTIE	
<i>Résistivité - Conductivité</i>	
CHAPITRE I. — Mesure de la résistivité électrique	77
CINQUIEME PARTIE	
<i>Examen Bactériologique</i>	
CHAPITRE I. — Technique Bactériologique	85
CHAPITRE II. — Résultats analytiques	92
CONCLUSION	100
BIBLIOGRAPHIE	102

